ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUIN 1961.

PRÉSIDENCE DE M. Louis HACKSPILL.

INTRODUCTION DE MEMBRES NOUVEAUX.

M. **André Lallemand**, élu membre de la Section d'Astronomie le 20 mars 1961 en remplacement de M. *Jules Baillaud*, décédé, est introduit en séance par M. le Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques et physiques.

M. le **Président** donne lecture de la Note publiée au *Journal Officiel de la République française* annonçant que, par décret du 26 mai 1961, son élection a été approuvée; il lui remet la médaille de Membre de l'Institut et l'invite à prendre place parmi ses Confrères.

PRÉSENTATION DE SAVANTS ÉTRANGERS.

M. le **Président** signale la présence de M. **Carlos Diez**, Professeur de chimie sucrière à l'Université agronomique de Lima; M. **Arnaud Denjoy**, celle de M. **Otton Nikodym**, de l'Université « Kenyon College », à Gambier, Ohio; M. **Maurice Roy**, celle de MM. **Michel Lavrentiev**, Vice-Président de l'Académie des sciences de l'Union des Républiques socialistes soviétiques, **Andjo Bitzadze** et **Dmitri Chirkov**, Membres correspondants de la même Académie. M. le Président leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre part à la séance.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée :

— du 3e **Congrès de la Société française des électriciens**, qui se tiendra à Pau, du 27 au 30 septembre 1961;

— du 3e **Symposium international sur la dynamique des gaz raréfiés**, qui aura lieu à Paris, du 26 au 29 juin 1962;

— d'un **Symposium on carbohydrate chemistry**, organisé par la « Chemical Society » et l'Université de Birmingham, dans cette ville, du 10 au 20 juillet 1962;

— du Congrès que tiendra la **Fédération internationale des Sociétés pour le traitement de l'information** (**I. F. I. P. S.**), à Munich, Allemagne, du 27 août au 1er septembre 1962;

— du 3e **Congrès international de catalyse**, qui doit se tenir à Amsterdam, Pays-Bas, du 20 au 25 juillet 1964.

L'Association **Sanitas**, qui a pour objet la protection de la Santé publique, informe l'Académie qu'elle a décidé de décerner, chaque année, un prix de 5 000 NF destiné à récompenser un travail scientifique de recherches tendant à l'amélioration de la qualité de l'alimentation humaine, et adresse les conditions de ce concours.

OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

Les Ouvrages suivants sont adressés ou remis en hommage à l'Académie :

par M. **Abilio Fernandes**, une série de tirages à part de ses travaux et de ceux de Mme Rosette Fernandes concernant la Flore d'Afrique tropicale;

par M. **Henri Gaussen** la *Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques*, publiée par l'« Indian Council of agricultural research ». *Cape Comorin*, par l'Institut français de Pondichery, sous la direction de Henri Gaussen.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Quelques aperçus sur la paléontologie évolutive en France avant Darwin*, par Franck Bourdier.

2° République du Cameroun. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 1/500 000e. Levés effectués de 1952 à 1953. *Notice explicative sur la feuille Garoua-Ouest*, par P. Koch, et *Carte*.

3° *Œuvres complètes de Bernard Palissy*. Édition conforme aux textes originaux imprimés du vivant de l'auteur avec des *Notes* et une *Notice historique* par Paul-Antoine Cap. Nouveau tirage augmenté d'un *Avant-propos* de M. Jean Orcel.

4° René Bastin. *Physiologie végétale*.

5° Édouard Lucas. *Recherches sur l'analyse indéterminée et l'arithmétique de Diophante*. Nouvelle édition, Préface de Jean Itard.

6° Junta de investigações do ultramar. *A geologia de Goa. Considerações e controvérsias*.

7° Académie de la République populaire roumaine. *Probleme plane in teoria elasticității*, de P. P. Teodorescu. Vol. I.

8° Id. *Cromatografia pe hîrtie a substanțelor anorganice*, de Tiberiu Năşcuțiu.

9° Id. Eugen Zaharescu. *Contribuții la studiul capacității portante a fundațiilor*.

10° Id. JANKÓ BÉLA. *Rezolvarea numerică a sistemelor de ecuaţii liniare.*

11° Académie des sciences de l'U.R.S.S. *Journal vytchislitel' noĭ matematiki i matematitcheskoĭ fiziki.* Tom I, n° 1. — *Radiobiologija*, Tom I, n° 1. — *Okeanologija*, Tom I, n° 1.

PRÉSENTATIONS, DÉSIGNATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'Institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie, pour la première ligne, M. *Jean Lagrula* obtient 38 suffrages.

Pour la seconde ligne, l'Académie, constatant qu'aucune autre candidature ne s'est produite, décide à l'unanimité qu'elle présentera à M. le Ministre de l'Éducation nationale :

En ligne unique ..... M. **JEAN LAGRULA.**

M. **ANDRÉ LÉAUTÉ** est désigné pour représenter l'Académie :

1° à la 2e **CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE LA MESURE** (**IMEKO**), qui aura lieu à Budapest, du 26 juin au 1er juillet 1961;

2° au 3e **CONGRÈS INTERNATIONAL DE CYBERNÉTIQUE**, qui se tiendra à Namur, Belgique, du 11 au 15 septembre 1961.

M. **FRANCK BOURDIER**, Directeur à l'École des Hautes Études, est désigné pour représenter l'Académie au 6e **CONGRÈS INTERNATIONAL** que l'**ASSOCIATION INTERNATIONALE POUR L'ÉTUDE DU QUATERNAIRE** (**INQUA**) tiendra à Varsovie, du 27 août au 21 septembre 1961.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques observations sur le nickel hexagonal.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Trillat, Nobuzo Terao** et Mme **Léa Tertian.**

Dans une récente Note (1) Mme Christiane Bonnelle et Mlle Françoise Jacquot font part de leurs observations concernant la transformation du nickel cubique faces centrées en une forme hexagonale, déjà signalée par d'autres auteurs (2) à (6). Il nous parait utile de faire à ce sujet quelques remarques d'ordre plus général, sur une question encore controversée.

Tout d'abord, la forme hexagonale ($a = 2{,}63 \mp 0{,}01$ Å, $c = 4{,}32 \mp 0{,}02$ Å) signalée dans la Note de Mme Bonnelle et Mlle Jacquot, est proche du carbure de Nickel (Ni_3C; $a = 2{,}628$ Å, $c = 4{,}306$ Å) donné par Nagakura (7) plutôt que du nitrure de nickel (Ni_3N, $a = 2{,}660$ Å, $c = 4{,}304$ Å), bien que les dimensions de ces deux formes hexagonales soient assez voisines l'une de l'autre. [*voir* les travaux de J.-J. Trillat, C. Lecomte et L. Tertian (8), N. Terao et A. Berghezan (9), ainsique ceux de Michel et Bernier (10), (11,) (12)]. Le carbure et le nitrure de nickel donnent quelques anneaux de diffraction électronique de faible intensité en plus des anneaux principaux; ces derniers peuvent être indexés en fonction d'une maille hexagonale compacte, mais les anneaux faibles ne peuvent être interprétés que par une maille supérieure. Cependant, la position des atomes de carbone et d'azote dans la maille hexagonale des atomes de nickel n'est pas tout à fait la même pour le carbure et le nitrure et, en effet, les anneaux faibles provenant uniquement de la distribution des atomes insérés sont différents pour les deux corps. La maille élémentaire de Ni_3C est $a_s = \sqrt{3}\, a$, $c_s = 3\, c$ tandis que celle de Ni_3N est $a_s = \sqrt{3}\, a$, $c_s = c$, où a et c sont les paramètres ordinaires de la maille hexagonale compacte. Il est à noter que tous les anneaux de diffraction du Ni_3N et Ni_3C peuvent être interprétés correctement avec cette grande maille sans aucune exception; on peut donc différencier nettement le carbure et le nitrure par ces réflexions faibles correspondant à une maille supérieure.

Le diagramme reproduit dans la Note de Mme Bonnelle et Mlle Jacquot n'est pas suffisamment net pour vérifier ce point, mais il semble qu'il y ait quelques anneaux faibles n'appartenant pas aux anneaux principaux de la forme hexagonale compacte. La réflexion 2,925 Å du Ni_3N n'y apparaît pas, de sorte qu'on peut se demander si la forme hexagonale observée par ces auteurs n'est pas le carbure de nickel Ni_3C. Si la couche mince éva-

porée de nickel est contaminée par une substance organique, par exemple par de la vapeur d'huile provenant des pompes à vide, il est bien possible qu'elle donne le carbure par chauffage sous vide, comme cela a été montré par R. Thun dans le cas de la carburation du fer ([13]).

D'après Nagakura (*loc. cit.*), le carbure de nickel se décompose également à une température élevée, variable selon les conditions expérimentales et de l'ordre de 450-500°C. La vitesse de réaction de carburation et de nitruration est de plus très sensible à l'état de surface de l'échantillon, ce qui expliquerait que les auteurs n'aient pas observé l'apparition de la phase hexagonale sur l'échantillon recuit. L'oxydation du nickel est considérablement réduite dès qu'une couche mince de nitrure ou de carbure se forme sur la surface de l'échantillon; c'est ce que nous avons déjà constaté dans le cas du nitrure.

Une autre remarque concerne la possibilité de l'apparition de la forme hexagonale du nickel en l'absence d'atomes insérés. La maille cubique à faces centrées, dans lesquels les atomes sont empilés suivant l'ordre ABC ABC ... peut donner lieu à une maille hexagonale caractérisée par l'ordre d'empilement AB AB ... par formation de macles. Les régions où peut apparaître la forme hexagonale sont très limitées au voisinage d'un plan intermédiaire d'une paire de macles. Si le nombre de macles formées au cours de la recristallisation est très grand, on aura une chance d'obtenir le diagramme de diffraction correspondant à la phase hexagonale, mais on peut supposer que cette apparition par simple chauffage sous vide est peu probable, car l'énergie de défaut d'empilement du nickel est assez élevée. Si l'on admettait l'apparition de la forme hexagonale du nickel par ce mécanisme, on devrait s'attendre aussi à l'apparition beaucoup plus aisée de la forme hexagonale du cuivre; or, à notre connaissance, cet effet n'a jamais été observé jusqu'à présent.

Enfin, si le nickel peut apparaître réellement sous la forme hexagonale comme dans le cas du cobalt, la dimension de la maille hexagonale doit être à peu près : $a = 2{,}49$ Å, $c = 4{,}06$ Å; il est malaisé de comprendre la dilatation extraordinaire sans l'insertion d'atomes plus petits. Quoi qu'il en soit, nous pensons qu'il serait utile de reprendre ces études au cas où la forme hexagonale signalée par Mme Bonnelle et Mlle Jacquot par chauffage sous vide ne serait pas simplement le carbure de nickel.

Le fait que nous n'avons pas obtenu le Ni_3N en chauffant le nickel dans une atmosphère d'azote devrait être confirmé en chauffant le métal dans l'azote à plus haute température et avec une plus longue durée; mais il est à craindre dans ce cas que la couche mince évaporée de nickel ne se détruise complètement.

En conclusion, il nous semble souhaitable que ces études soient poursuivies en tenant compte des différentes observations que nous avons jugé utile de formuler dans cette Note.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) C. Bonnelle et F. Jacquot, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1448.
(2) G. P. Thomson, *Nature* (G. B.), 123, 1929, p. 912.
(3) G. Bredig, *Z. Phys. Chem.*, 126, 1927, p. 41.
(4) G. Bredig et E. S. Bergkhampf, *Z. Phys. Chem.* (*Jubilé Bodenstein*), 1931, p. 172.
(5) Finch, William et Yang, *Disc. Faraday Soc.*, 43 A, 1947, p. 144.
(6) A. Colombani et J. Wyart, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 129.
(7) S. Nagakura, *J. Phys. Soc. Jap.*, 12, n° 5, 1957, p. 482 et 494.
(8) J.-J. Trillat, G. Lecomte et L. Tertian, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, (6), 1957, p. 804-807.
(9) N. Terao et A. Berghezan, *J. Phys. Soc. Jap.*, 14, n° 2, 1959, p. 139-148.
(10) R. Bernier et A. Michel, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, (5), 16, 1949, p. 199 et 365.
(11) Michel, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 373.
(12) R. Bernier, *Ann. Chim.*, (12), 6, 1951, p. 104 (*Thèse de Doctorat*).
(13) R. Thun, *Rev. Sci. Inst.*, 30, n° 6, 1959, p. 399.

(*Laboratoire de Rayons X du C. N. R. S., Bellevue, Seine-et-Oise et European Research Associates, Bruxelles.*)

PROTOZOOLOGIE. — *Remarques sur la morphologie comparée et la systématique des* Ciliata Hypotrichida. Note de M. **Emmanuel Fauré-Fremiet.**

Les remarques formulées voici longtemps par O. Bütschli concernant les Ciliés *Hypotrichida*, et les données récemment acquises sur la morphologie comparée de ces Infusoires conduisent à réviser la systématique de l'Ordre en créant les deux Sous-Ordres des *Spirotrichina* et des *Sporadotrichina* ainsi que quelques familles nouvelles.

Introduction. — Parmi l'ensemble des *Ciliata*, l'ordre des *Hypotrichida* [*Hypotricha* de Stein ([19])] groupe ceux de ces organismes dont l'appareil ciliaire atteint le plus haut degré de différenciation.

D'après la monographie des *Ciliata* publiée en 1935 par Kahl, cet ordre compte plus de 300 espèces réparties entre trois familles dont l'inégale importance est attestée par le tableau numérique suivant des genres et des espèces :

Famille.	Genres.	Sous-genres.	Espèces.
Oxytrichidæ................	25	11	237
Euplotidæ..................	6	0	39
Aspidiscidæ................	1	0	29

En ajoutant le nombre des espèces décrites depuis lors et soustrayant les quelques synonymies reconnues, on augmenterait le total de ces chiffres sans modifier sensiblement la disproportion des trois familles.

L'exacte connaissance des ciliatures apportée par les techniques et les recherches de Klein, de Chatton, Lwoff et coll., de Gelei, de Furgason, etc., a permis de revoir sur des bases nouvelles, la morphologie comparée des *Ciliata*. De ce fait une révision de leur systématique a été proposée [Fauré-Fremiet ([11])] et précisée par Corliss [([5]), ([6]), ([7]), ([8]), ([9])]. Mais ce dernier auteur remarque à propos des *Hypotrichida* que : « a critical restudy of individual genera and families of this large order of the sub-class Spirotricha is needed as well as a detailled treatment of the group as a whole ». Tel est le problème dont je me propose d'esquisser les données actuelles.

Organisation des *Hypotrichida*. — L'appareil ciliaire des *Hypotrichida* comporte d'une part les organites vibratiles et moteurs localisés sur la face ventrale sous forme de complexes multiciliaires, tels que cirres et membranelles, dont la répartition et les dispositions relatives sont spécifiquement caractéristiques. Et d'autre part, des cils simples, courts, peu ou pas mobiles, supposés sensoriels, répartis sur la face dorsale.

Une différenciation dorso-ventrale de la ciliature s'est manifestée dans d'autres groupes; chez les *Spirotricha* elle caractérise le genre *Peritromus*, souvent classé depuis Stein parmi les *Hypotrichida*, bien que son revêtement de cils, et non de cirres, le situe parmi les *Heterotrichida*.

Morphologie et morphogenèse. — Chez la plupart des Ciliés *Holotriches* ou *Heterotriches* la division est dite « percinétienne » (Chatton);

c'est que, lorsque les cils sont distribués régulièrement au long des cinéties méridiennes, et même si quelque différenciation se manifeste suivant un gradient antéro-postérieur ou dorso-ventral, la duplication des structures est réalisée par la section transversale des cinéties, c'est-à-dire par un processus *tomique*.

Il en est autrement lorsque des organites ciliaires complexes (cirres, membranelles) s'ordonnent en ensembles morphologiquement et fonctionnellement spécialisés (frange adorale, membrane parorale, cirres locomoteurs ou fixateurs, etc.). La différenciation ciliaire, au lieu de graduelle, devient discontinue; elle peut être dite *catégorielle* car elle réalise des structures anatomiques diverses et spécialisées; ces structures acquièrent une sorte d'autonomie ([25]) et leur duplication par division s'avère impossible. Stein ([19]), Sterki ([20]), Wallengren [([22]), ([23])] ont montré que ces appareils ciliaires dégénèrent au cours de la bipartition (à l'exception fréquente du système péristomien de l'individu antérieur) et sont remplacés par deux ensembles nouveaux et identiques organisés à partir d'ébauches distinctes. Chatton et Seguela ([4]) montrent que celles-ci s'organisent par la multiplication localisée de cinétosomes bourgeonnant à partir des structures primitives ou regroupés en des lieux définis; la duplication de ces structures ou de ces appareils est ainsi assurée par un processus *blastique* et non plus *tomique*. Il en est de même au cours de la régénération [*voir* Balamuth ([1])].

Ciliature ventrale des *Hypotrichida*. — Les organites vibratiles se répartissent en plusieurs groupes, soit :

1° L'ensemble péristomien comprenant la frange des membranelles adorales et la ou les deux membranes vibratiles parorale et endorale.

2° Les rangées longitudinales de cirres ventraux ou mieux fronto-ventraux.

3° La série des cirres transversaux [Maupas ([15])] ou anaux, souvent liés postérieurement aux rangées fronto-ventrales, qu'on désignera dans ce cas, par les initiales F. V. T.

4° Les deux rangées droite et gauche de cirres marginaux.

5° Les cirres ou soies caudales dont l'origine n'est pas toujours définie.

Chacun des groupes précités d'organites vibratiles peut subir, indépendamment des autres, d'importantes modifications portant sur le nombre, les dimensions et les dispositions relatives de ses constituants et pouvant même comporter sa propre disparition. La grande variété structurale reconnue chez les *Hypotrichida* traduit de telles possibilités.

Diversification des *Hypotrichida*. — Selon Bütschli [([2]), p. 1241], les *Urostyla* avec leurs nombreuses rangées fronto-ventrales de cirres fins et peu différenciés (sauf antérieurement) peuvent être considérés comme des formes primitives, voisines des *Heterotrichida* par l'intermédiaire des *Peritromus*; or ce type structural peut être modifié suivant deux directions

différentes, les variations portant, soit sur le nombre des rangées fronto-ventrales de cirres fins, soit sur le nombre des cirres forts et isolés formés par condensation sur chacune de ces rangées.

Guidé par ces remarques on peut envisager la création de deux Sous-Ordres d'importance presque égale, celui des *Stichotrichina* et celui des *Sporadotrichina*; et la dislocation du groupe hypertrophique des *Oxytrichidæ* en plusieurs familles mieux caractérisées.

Sous-Ordre *Stichotrichina.* — Les rangées ciliaires fronto-ventrales, en nombre variable, portent des cirres relativement fins, régulièrement distribués sur leur longueur.

a. Famille des Urostylidæ *Calkins.* — Dans le genre *Urostyla* Ehrb. le nombre des rangées ventrales varie entre 10 ou plus chez *U. trichogaster*, *U. grandis* et 5 chez *U. weissei*; le nombre des cirres transversaux ne lui est pas directement lié. Les cirres transversaux manquent chez les genres *Hemicycliostyla* Stokes, *Kahlia* Horwath, *Paraholostica* Kahl. Les cirres frontaux sont toujours particulièrement développés. [Le genre *Kiitrichia* Nozava ([17]) se rapproche peut-être des *Urostyla*].

b. Famille des Keronidæ *n. nom.* — Les rangées fronto-ventrales portent des cirres tous semblables et sont disposés obliquement au nombre de 10 environ chez *Epiclintes* Stein, de 6 chez *Kerona* Ehrb. Les cirres transversaux manquent chez *Eschaneustyla* Stokes. Le genre énigmatique *Paraeuplotes* Wichterman ([24]) pourrait correspondre à une extrême réduction de la ciliature ventrale.

c. Famille des Holostichidæ *n. nom.* — Très nombreuses formes réparties en différents genres caractérisés par la réduction numérique des rangées ventrales : 3 chez *Trichotaxis* Stokes, 2 chez *Holosticha* Wrzesniowski, *Keronopsis* Penard, *Parauroleptus* Kahl; 2 chez *Uroleptus* Stein, qui n'a pas de cirres transversaux; 1 (ou plus exactement 1 et 1/4) chez *Amphisiella* Gourret et Roeser, dont quelques espèces montrent de curieuses différenciations structurales [Fauré-Fremiet ([12])].

d. Famille des Strongylidæ *n. nom.* — Formes du type *Holosticha* dont la torsion hélicoïde réduit la surface dorsale; deux rangées ventrales; deux latérales; pas de cirres transversaux. *Strongylidium* Sterki avec nombreuses espèces; allongement de la région postérieure thigmotactique chez *Urostrongylum* Kahl; torsion accentuée chez *Hypotrichidium* Ilowaisky (*Spirofilum* Gelei), Cilié planktonique en forme de toupie. Développement hypertélique de la frange adorale chez les formes sédentaires *Stichotricha* Perty à péristome rectiligne et *Chætospira* Lachmann à péristome en hélice; et chez la planktonique *Spiretta* Gelei ([14]) aux affinités incertaines. L'espèce *Strongylidium polytrichum* Kahl se rattache par ses nombreuses rangées ciliaires au genre *Hemicycliostyla* Stokes.

Sous-ordre *Sporadotrichina.* — La ciliature complète comprend, outre l'ensemble péristomien, six rangées fronto-ventrales de cirres forts et peu

nombreux; les cirres transversaux qui leur sont souvent liés; deux rangées latérales et quelques cirres caudaux. La structure spécifique se réalise, en cours de bipartition, par le jeu des mouvements morphogénétiques qui transportent les différents cirres de leur place dans l'ébauche initiale jusqu'à leur position définitive. Le nombre des cirres varie en raison inverse de leur spécialisation et du degré de différenciation de l'espèce considérée.

a. Famille des Pleurotrichidæ *Bütschli.* — Très nombreuses formes dont les caractères spécifiques mériteraient une révision critique. *Gastrostyla* Engelmann : nombre et disposition des cirres F. V. T. :

VI	V	IV	III	II	I	
6	6	5	4	3	1	[26]

Onychodromus Stein; *Pleurotricha* Stein; *Oxytricha* Ehrb.; *Steinia* Diesing; *Opisthotricha* Kent (avec soies latéro-dorsales); *Urosoma* Kowalewski; *Histrio* Sterki; *Stylonychia* Ehrb. : cirres F. V. T. :

VI	V	IV	IIII	I	I
4	4	3	3	3	1

Ancystropodium Fauré-Fremiet, fixation par les cirres transversaux et différenciation d'un pédicelle contractile; cirres F. V. T. moins réduits :

VI	V	IV	III	II	I
3	6	5	3	3	1

b. Famille des Euplotidæ *Ehrb.* — *Certesia* Fabre-Domergue avec rangée latérale droite absente; *Discocephalus* Ehrb. avec rangée latérale droite réduite et céphalisation péristomienne. *Euplotes* Ehrb. avec disparition des rangées latérales; cirres F. V. T. chez *E. patella* :

VI	V	IV	III	II	I
2	2	3	3	3	1

nombreuses espèces formant un ensemble homogène [Tuffrau ([21])]; *Diophrys* Dujardin, cirres F. V. T. :

VI	V	IV	III	II	I
2	2	2	2	2	1

avec deux cirres latéraux gauches et trois latéraux droits; *Uronychia* Stein, cirres F. V. T. :

VI	V	IV	III	II	I
2	2	2	2	2	1

avec quatre cirres latéraux gauches hypertéliques et deux latéraux droits. Chez ces deux derniers genres, hautement différenciés, les cirres postérieurs, latéraux et transversaux, assurent synergiquement le mouvement extrêmement rapide de nage à reculon, tandis que la nage lente en avant

est assurée par la frange adorale. Chez *Uronychia* une large membrane péristomienne gauche, symétrique de la membrane parorale, correspond au développement hypertélique de l'une des membranelles adorales.

c. Famille des Gastrocirrhidæ *n. nom.* — Les genres *Gastrocirrhus* Lepsi [*voir* Fauré-Fremiet ([13])], *Cirrhogaster* Ozaki et Yagiu ([18]), *Euplotidium* Noland ([16]), *Lacazea* et *Swedmarkia* Dragesco ([10]) évoquent les *Holostichidæ* et les *Euplotidæ*; leurs affinités sont encore incertaines et leur groupement ne traduit peut-être que des rapports de convergence.

d. Famille des Aspidiscidæ *Stein.* — Le genre *Euplotaspis* Chatton et Seguela ([3]) se rapproche des *Euplotes*. Le genre *Aspidisca* Ehrb. comporte de nombreuses espèces caractérisées par leur adaptation au thigmotactisme et la réduction de la frange adorale.

(1) W. Balamuth, *Quart. Review of Biol.*, 15, 1940, p. 290-337.
(2) O. Bütschli, *Protozoa*, in *Bronn's Klassen u. Ordnungen des Thier-Reichs.*, 1887-1889.
(3) E. Chatton et J. Seguela, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 61, 1936, p. 332-340.
(4) E. Chatton et J. Seguela, *Bull. Biol. France-Belgique*, 74, 1940, p. 348-442.
(5) J. O. Corliss, *Systematic Zool.*, 5, 1956, p. 69-91 et 121-140.
(6) J. O. Corliss, *Arch. Protistenk.*, 102, 1957, p. 113-146.
(7) J. O. Corliss, *Bull. Zool. Nomencl.*, 15, 1958, p. 520-522.
(8) J. O. Corliss, *J. Protozool.*, 6, 1959, p. 265-284.
(9) J. O. Corliss, *The Ciliated Protozoa : characterization, classification, and guide to the literature*, 1961 (sous presse).
(10) J. Dragesco, *Travaux Station biol. Roscoff*, nouv. série, 12, 1960, p. 1-356.
(11) E. Fauré-Fremiet, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 75, 1950, p. 109-122.
(12) E. Fauré-Fremiet, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 79, 1954, p. 473-479.
(13) E. Fauré-Fremiet, *Anais Acad. Brasileira de Ciencias*, 26, 1954, p. 163-168.
(14) J. Gelei, *Acta Biol. Acad. Sc. Hungar.*, 5, 1954, p. 259-343.
(15) E. Maupas, *Arch. Zool. Exp. et Gen.*, 2e série, 1, 1883, p. 427-664.
(16) L. E. Noland, *Amer. Microsc. Soc.*, 56, 1937, p. 160-171.
(17) K. Nozava, *Annot. Zool. Japonense*, 20, 1941, p. 24-25.
(18) Y. Ozaki et R. Yagiu, *Annot. Zool. Japonense*, 21, 1942, p. 79-81.
(19) F. Stein, *Der Organismus der Infusionsthiere*, I, 1859, W. Engelmann, Leipzig.
(20) V. Sterki, *Z. wiss. Zool.*, 31, 1878, p. 29-58.
(21) M. Tuffrau, *Hydrobiologia*, 15, 1960, p. 1-77.
(22) H. Wallengren, *Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handligar*, 26, 1900, Afd 4, no 2, p. 3-30.
(23) H. Wallengren, *Zool. Jahrb., Abth. Anat. Ontog. Thiere*, 15, 1901, p. 1-58.
(24) R. Wichterman, *Carnegie Instit. Washington*, Publication 524, 1942, p. 105-111.

(25) Qui ne contredit nullement la *totalité* de l'organisme, attestée par les mécanismes généraux de la bipartition et de la régénération.
(26) Notation d'après Wallengren, chaque rangée F. V. T. étant désignée, de gauche à droite, par un chiffre romain et le nombre de cirres correspondant par un chiffre arabe.

(Collège de France, Laboratoire d'Embryologie et Centre de Recherches hydrobiologiques du C. N. R. S., Gif-sur-Yvette.)

ENDOCRINOLOGIE. — *Réponse corticosurrénalienne à l'hormone hypophysaire corticotrope chez le Rat, en fonction du sexe. Étude* in vivo. Note de MM. **Robert Courrier**, **Roger Guillemin**, Mme **Andrée Colonge** et M. **Edvart Sakiz**.

L'injection de doses multiples d'ACTH chez le Rat Wistar mâle et femelle, 18 h après l'hypophysectomie produit une réponse surrénalienne (mesure des corticoïdes plasmatiques) supérieure chez la femelle à ce qu'elle est chez le mâle.

Le *dimorphisme* sexuel de la corticosurrénale observé depuis longtemps a fait l'objet du rapport de Courrier et coll. ([1]). Grâce à l'introduction de méthodes permettant l'étude *fonctionnelle* de la sécrétion du cortex surrénalien, nous avons décidé de compléter ces observations de morphologie par l'étude de la capacité sécrétoire de la corticosurrénale dans diverses conditions expérimentales, comparant les données de mesure chez le mâle et chez la femelle. Ainsi, avons-nous déjà rapporté que : 1° la surrénale du rat femelle sécrète plus de corticostérone que celle du mâle en réponse à la stimulation corticotrope endogène produite par l'agression ([2]); 2° le cycle œstrien influence la réponse corticosurrénalienne en réponse à l'agression ([2]), alors qu'il est sans action sur la sécrétion surrénalienne chez l'animal non soumis au « stress » ([3]); 3° la testostérone diminue la réactivité de la surrénale femelle qui répond alors comme la surrénale mâle, toujours dans le cas de la stimulation corticotrope endogène due à l'agression ([2]); 4° la castration agit en sens opposé chez mâle et femelle en ce qui concerne la réactivité surrénalienne en réponse « au stress » ([4]); 5° la disparité dans la réponse surrénalienne à la stimulation corticotrope endogène n'apparaît qu'au moment où s'établit le cycle ovarien ([4]).

Cependant ces observations, de par les protocoles expérimentaux choisis, ne permettent pas de localiser le point d'impact des hormones sexuelles quand elles modifient la fonction corticosurrénalienne; en effet les hormones sexuelles pourraient aussi bien agir : 1° au niveau du système nerveux central, facilitant ou déprimant la sécrétion antéhypophysaire d'ACTH par l'intermédiaire des systèmes soit afférents à l'hypophyse (diencéphale), soit afférents au diencéphale (limbique, mésencéphalique); 2° au niveau du parenchyme antéhypophysaire directement, affectant sans intermédiaire la sécrétion d'ACTH; 3° au niveau du parenchyme corticosurrénalien, affectant directement la réponse à l'hormone adrénocorticotrope.

Les travaux rapportés dans cette Note ont eu pour but d'étudier, en fonction du sexe chez l'hypophysectomisé, la réponse de la corticosurrénale à la stimulation directe produite par l'injection de doses connues d'ACTH.

Matériel et méthodes. — *Animaux :* Rats souche Wistar, élevage Duterme (Condé-sur-Huisnes, Sarthe). Les animaux sont reçus au laboratoire 4 jours avant le début des expériences et sont maintenus dans une pièce à température et éclairage contrôlés (22°C, 14 h d'éclairement, 10 h d'obscurité). Ils sont nourris *ad libitum* aux biscuits de laboratoire U. A. R. et ont de l'eau pour boisson.

Protocoles expérimentaux. — 1. Dans une série d'expériences préliminaires, nous avons d'abord déterminé la sensibilité à l'ACTH du rat mâle, souche Wistar, d'élevage français, 18 à 24 h après l'hypophysectomie. Le protocole expérimental a été exactement celui indiqué antérieurement par Guillemin et coll. [3], avec mesure simultanée des niveaux de corticostérone plasmatiques et des concentrations surrénaliennes en acide ascorbique. Une seule de ces expériences est rapportée ici (*voir* tableau I).

2. 30 animaux sont hypophysectomisés par la voie classique parapharyngée. 18 h après l'hypophysectomie, ils sont répartis en trois groupes de mâles et trois groupes de femelles qui reçoivent respectivement (*voir* tableaux II et III) : 0,1 N HCl/sérum salé 0,9 %, 0,4 et 0,8 milliunité d'ACTH en injection intraveineuse (ACTH, USP Référence Standard, 1,14 U/mg, en solution dans 0,1 N HCl/sérum salé 0,9 %). Toutes injections, de 0,3 ml par animal sont pratiquées dans la veine jugulaire. 15 mn exactement après l'injection, on prélève 1,5 ml de sang par la jugulaire pour la mesure des corticostéroïdes plasmatiques libres par la méthode fluorométrique [5]. Injections et prélèvement jugulaires sont faits sous rapide anesthésie à l'éther. 1 h après l'injection d'ACTH, les animaux sont sacrifiés et l'on prélève une surrénale, immédiatement pesée et broyée dans l'acide métaphosphorique pour mesure des concentrations d'acide ascorbique, par la méthode de Mindlin et Butler [6].

Analyse statistique des résultats : analyse de variance. — Les expériences sont organisées en factorielles pour permettre l'étude des interactions entre le sexe et l'action de l'ACTH, ainsi que l'analyse de la droite de régression. Pour l'étude des effets principaux, on utilise les coefficients polynomiaux.

Résultats. — Les expériences préliminaires ont montré que le Rat mâle, de souche Wistar et d'élevage français, présente une réponse corticosurrénalienne qui est une fonction linéaire du logarithme de la dose d'ACTH injectée, à des doses d'ACTH correspondant à 0,15, 0,30, 0,60 milliunité d'ACTH pour 100 g de poids corporel. Le tableau I résume les résultats d'une de ces expériences avec leur analyse statistique.

Les résultats des expériences où nous étudions les réponses surrénaliennes à l'ACTH en fonction du sexe sont rapportés dans les tableaux II et III, avec leur analyse statistique. Tableau II (*mesure des corticostéroïdes plasmatiques*) : l'ACTH a une action adrénocorticotrope évidente chez le mâle et chez la femelle; il y a une régression linéaire hautement significative, ce qui signifie que chez le mâle comme chez la femelle la réponse surré-

TABLEAU I.

Corticostéroïdes plasmatiques et acide ascorbique surrénalien en fonction du logarithme de la dose d'ACTH.

Rats hypophysectomisés.	Nombre d'animaux.	Poids du corps.	Corticostérone plasmatique (μg/100 ml).	Acide ascorbique (μg/100 mg de tissu).
♂ ACTH 0,25 mU........	4	160 ± 8	20,80 ± 2,42	336,75 ± 16,70
♂ ACTH 0,50 mU........	4	157 ± 8	31,20 ± 2,04	295,00 ± 3,11
♂ ATCH 1,00 mU........	4	161 ± 10	46,55 ± 4,37	231,75 ± 16,83

Analyse de variance et étude des courbes de régression.
Corticostérone plasmatique.

Source de variation.	DL.	Carré moyen.	F.
Variation entre groupes.............	2	671,2	17,26
Variation due à la régression.......	1	1326,1	34,11
Déviation depuis la régression......	1	16,3	<1
Erreur............................	9	38,8	–

$F_{0,05} = 5,12$; $F_{0,01} = 10,56$.

Acide ascorbique surrénalien.

Source de variation.	DL.	Carré moyen.	F.
Variation entre groupes.............	2	11179	14,35
Variation due à la régression.......	1	22050	28,31
Déviation depuis la régression......	1	308	<1
Erreur............................	9	778,78	–

$F_{0,05} = 5,12$; $F_{0,01} = 10,56$

TABLEAU II.

Corticostéroïdes plasmatiques.

Rats hypophysectomisés.	Nombre d'animaux.	Poids du corps.	Corticostérone plasmatique (μg/100 ml).
♂ Témoins................	5	174 ± 5	12,20 ± 1,24
♂ ACTH 0,4 mU..........	5	184 ± 7	38,60 ± 2,25
♂ ACTH 0,8 mU..........	5	188 ± 5	44,20 ± 4,98
♀ Témoins................	5	169 ± 5	14,00 ± 0,95
♀ ACTH 0,4 mU..........	5	180 ± 6	42,80 ± 2,87
♀ ACTH 0,8 mU..........	5	173 ± 5	61,60 ± 6,43

Analyse de variance et étude des courbes de régression.

Source de variation.	DL.	Carré moyen.	F.
Variation entre groupes...............	5	1824,92	26,79
Comparaison ♂ contre ♀...........	1	456,3	6,70
Comparaison ACTH contre témoins....	1	7571,3	111,10
Interaction sexe et ACTH...........	1	135,0	1,98
Régression linéaire.................	1	744,2	10,90
Non-parallélisme...................	1	217,8	3,20
Erreur.............................	24	68,12	–

$F_{0,05} = 4,26$; $F_{0,01} = 7,82$.

TABLEAU III.

Acide ascorbique surrénalien.

Rats hypophysectomisés.	Nombre de mesures.	Acide ascorbique (µg/100 mg de tissu).
♂ ACTH 0,4 mU	4	300,00 ± 8,27
♂ ACTH 0,8 mU	4	242,50 ± 15,56
♀ ACTH 0,4 mU	4	309,25 ± 8,01
♀ ACTH 0,8 mU	4	276,50 ± 12,07

Analyse de variance et étude des courbes de régression.

Source de variation.	DL.	Carré moyen.	F.
Variation entre groupes	3	3 542,67	6,803
Comparaison ♂ contre ♀	1	1 870,56	3,59
Régression linéaire	1	8 145,06	15,64
Non-parallélisme	1	612,56	1,18
Erreur	12	520,75	–

$F_{0,05} = 4,49$; $F_{0,01} = 8,53$.

nalienne varie proportionnellement au logarithme de la dose d'ACTH injectée; le sexe ne modifie pas la pente de la courbe de réponse à l'ACTH; enfin, réponse à la question principale que nous avions posée au début de ce travail : il existe une différence significative des taux de corticostérone plasmatique libre entre mâle et femelle en réponse à l'injection d'ACTH, la surrénale femelle répondant plus que la surrénale mâle. Tableau III : (*mesure des concentrations surrénaliennes en acide ascorbique*) : il y a une régression linéaire hautement significative; le sexe ne modifie pas la pente de la courbe de réponse à l'ACTH; par contre, la comparaison des résultats obtenus chez mâle et femelle montre une différence non significative.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS. — Ces résultats montrent tout d'abord que le Rat de souche Wistar et d'élevage français a une réactivité corticosurrénalienne entièrement satisfaisante aux doses classiques d'ACTH (0,15 à 0,60 milliunité d'ACTH, USP Standard pour 100 g de poids corporel), qu'on mesure les corticoïdes plasmatiques ou l'acide ascorbique surrénalien. Dans toutes ces études fonctionnelles de l'axe hypophyse-surrénale, les protocoles expérimentaux établis antérieurement [3] chez le Rat Sprague-Dawley sont donc parfaitement utilisables.

Les différences observées quant à la réponse surrénalienne entre animaux mâles et femelles soumis au stimulus non spécifique d'une agression [2], [6] se retrouvent ici, après hypophysectomie, quand on injecte des doses identiques d'ACTH. Il semble donc bien que cette différence *fonctionnelle* du système hypophysosurrénalien en fonction du sexe soit, en tout ou partie, expliquée par une plus grande sensibilité à l'ACTH de la cellule corticosurrénalienne femelle quand on la compare à son homologue mâle.

Ces résultats ne permettent pas de savoir si cette plus grande réactivité de la surrénale femelle est due à une action directe des hormones ovariennes sur les systèmes enzymatiques de la cellule corticale, ou s'il s'agit d'une caractéristique génétique du tissu surrénalien femelle. Cette dernière hypothèse apparaît en fait peu vraisemblable car l'hypersensibilité de la corticosurrénale femelle n'apparaît qu'à la puberté ([1]), ([7]) et, montre en outre des fluctuations avec les phases du cycle ovarien ([2]). Il semble donc bien qu'il s'agisse là d'un effet direct de l'œstrogène au niveau du parenchyme surrénalien. Divers autres mécanismes étudiés récemment par Yates et collaborateurs ([8]), ([9]), Kitay ([6]), ne semblent pas capables d'expliquer les résultats rapportés ici; nous avons d'ailleurs montré ([3]), ([12]) que la mesure des corticostéroïdes plasmatiques libres 15 mn après l'injection d'ACTH représente une image vraie de la capacité sécrétoire de la surrénale à ce même temps, les facteurs de conjugaison hépatiques n'introduisant pas d'erreur sensible dans un délai aussi court. Par contre, pour expliquer la plus grande sensibilité de la femelle au stress non spécifique, il resterait à établir, en plus de l'effet direct des œstrogènes sur la réponse corticosurrénalienne à l'ACTH que nous venons de démontrer, s'il n'y aurait pas aussi une action de l'œstrogène sur la sécrétion hypophysaire d'ACTH, effet soit transhypothalamique, soit directement au niveau du parenchyme hypophysaire. Un travail déjà ancien de Gemzell ([10]) concluait à une action de l'œstrogène sur la sécrétion antéhypophysaire d'ACTH; les conclusions de cet auteur ne peuvent d'ailleurs pas être acceptées sans réserve du fait de l'imprécision des protocoles expérimentaux rapportés (l'activité adrénocorticotrope d'un extrait plasmatique sans preuve d'un parallélisme des réponses à celles produites par l'ACTH ne signifie pas obligatoirement qu'on mesure l'ACTH circulant). Les résultats enregistrés ici montrent une fois de plus que les réponses observées avec la mesure des corticoïdes plasmatiques et surrénaliens ne sont pas toujours en accord avec ceux obtenus par la mesure des concentrations de l'acide ascorbique surrénalien ([11]) : il s'agit vraisemblablement d'une différence de sensibilité des deux méthodes, comme nous l'avons signalé antérieurement ([3]).

([1]) R. Courrier, M. Baclesse et M. Marois, *J. Physiol.*, 54, 1953, p. 327.
([2]) E. Sakiz, *C. R. Soc. Biol.*, 154, 1960, p. 1191.
([3]) R. Guillemin, G. W. Clayton, J. D. Smith et H. S. Lipscomb, *Endocrinology*, 63, 1958, p. 349.
([4]) E. Sakiz, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2237.
([5]) R. Guillemin, G. W. Clayton, J. D. Smith et H. S. Lipscomb, *J. Lab. Clin. Med.*, 53, 1959, p. 830.
([6]) J. L. Kitay, *Endocrinology*, 68, 1961, p. 818.
([7]) D. Gompertz, *J. Endocrinol.*, 17, 1958, p. 107.
([8]) D. W. Glenister et F. E. Yates, *Endocrinology*, 68, 1961, p. 747.
([9]) J. Urquhart, F. E. Yates et A. L. Herbert, *Endocrinology*, 64, 1959, p. 816.
([10]) C. A. Gemzell, *Acta endocrinol.*, 11, 1952, p. 221.
([11]) C. Mialhe-Voloss et F. Stutinsky, *C. R. Soc. Biol.*, 153, 1959, p. 1848.
([12]) R. Guillemin, C. Fortier et H. S. Lipscomb, *Endocrinology*, 64, 1959, p. 310

(Laboratoire de Morphologie expérimentale et Endocrinologie, Collège de France.

ÉCONOMIE RURALE. — *L'épizootie aphteuse, son éradication.* Note (*) de M. **Gaston Ramon.**

L'usage dans la lutte contre l'épizootie aphteuse du système qui repose sur l'application stricte des règlements sanitaires et sur l'abattage des animaux malades ou contaminés ayant été ordonné officiellement en automne 1960 dans les 18 départements de l'Est de la France et donnant des résultats favorables, il y a lieu d'insister afin qu'il soit étendu à l'ensemble des départements français.

En 1951, commençait en Europe une épizootie de fièvre aphteuse qui pendant des années allait ravager le bétail européen et plus particulièrement le bétail français.

Nous avons suivi, pour ainsi dire jour après jour, la marche de cette épizootie et par de nombreuses Notes (1) nous avons tenu au courant de son évolution, l'Académie des Sciences.

Nous avons comparé cette évolution à celle des épizooties précédentes et nous avons étudié les principaux moyens de lutte employés, à savoir d'une part le système qui repose sur l'application stricte des règlements sanitaires et spécialement sur la pratique de l'abattage des animaux atteints de fièvre aphteuse ou suspects de contamination et, d'autre part, l'utilisation de la vaccination spécifique.

Posant en principe que dans la lutte contre les maladies épizootiques, on doit tenir compte non seulement des données fournies par l'expérimentation au laboratoire mais encore et surtout des résultats épidémiologiques recueillis sur le terrain et examinant précisément les résultats obtenus lors des épizooties antérieures et dès les premiers temps de l'épizootie aphteuse régnante, nous avons été rapidement convaincu que, dans l'état actuel de nos connaissances, seul le système basé sur l'application des règlements sanitaires et de l'abattage, complété ou non par la vaccination, pouvait conduire à l'éradication de l'épizootie aphteuse.

C'est, en effet, en appliquant rigoureusement ce système dans le passé et dès le début de l'apparition sur son sol de la fièvre aphteuse ayant éclaté en 1951 en Allemagne, que la Grande-Bretagne a pu, sans faire usage de la vaccination, lutter victorieusement contre l'épizootie.

Un autre exemple tout à fait démonstratif de la grande valeur du système de l'abattage nous a été fourni par ce qui s'est passé en Suède. En décembre 1951, janvier et février 1952, en l'espace de quelques semaines, la Suède, à l'instigation de son Service vétérinaire, n'a pas hésité à abattre 30 000 animaux répartis dans 835 foyers aphteux; elle a été pratiquement débarrassée de la fièvre aphteuse puisqu'un seul foyer a été signalé en janvier 1953, un autre en mars 1954; ces deux foyers ont été tout de suite éteints par l'abattage des quelques animaux qu'ils renfermaient.

C'est grâce au système de l'abattage (*stamping out*) et à des mesures sanitaires très sévères, à l'exclusion totale de la vaccination, que le Canada a pu, au commencement de l'année 1952, éliminer très rapidement la fièvre aphteuse qui, venant d'Europe, y avait provoqué 29 foyers et menaçait de l'envahir. Aucun retour offensif n'a été signalé depuis cette époque. En se protégeant ainsi d'une épizootie envahissante, le Canada a du même coup préservé les États-Unis d'une calamité sans précédent pour l'élevage de ce pays.

Bien qu'enclin à donner la préférence dans la lutte contre la fièvre aphteuse à la vaccination, étant donné que le procédé d'immunisation en usage était basé sur les principes immunologiques que nous avons institués (principe des anatoxines et des vaccins anavirulents, principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité) [2] et tout en admettant la possibilité pour un vaccin anti-aphteux bien préparé et bien contrôlé, de conférer aux animaux pris individuellement, un certain degré d'immunité, nous avons été très vite persuadé, devant les faits, que la vaccination se montre inefficace contre l'*épizootie aphteuse*, en raison du peu de durée de l'immunité qu'elle est capable de procurer et de son inaptitude à faire disparaître le virus chez les animaux qui en sont porteurs et qui contribuent à propager le contage aphteux. Utilisée, en France, comme moyen principal de lutte contre la fièvre aphteuse, sans le système de l'abattage, la vaccination n'a pu et ne peut arrêter l'évolution de l'épizootie. Elle n'a pu, seule, faire disparaître un état enzootique même limité et assurer la prophylaxie générale de la fièvre aphteuse.

Quoique depuis 1952, nous ayons sans cesse recommandé dans nos Communications devant l'Académie des Sciences et dans de très nombreuses publications [3], la mise en pratique, en France, du système de l'abattage, notre pays s'est borné à utiliser jusqu'à l'automne 1960, la méthode de vaccination seule, aussi a-t-il fait, à ses dépens, la démonstration de l'incapacité de cette méthode à réaliser seule l'éradication de la fièvre aphteuse, aussi a-t-il été profondément infecté par le virus aphteux. A la fin de l'année 1958, on avait enregistré au total en France plus de 450 000 foyers aphteux (fermes, exploitations) représentant des millions d'animaux malades ou contaminés. On pouvait évaluer à cette date à plus de 300 milliards (de francs anciens) les pertes entraînées en France par l'épizootie aphteuse (mortalité, amaigrissement des animaux, avortements, diminution de la production du lait, etc.). A ces pertes, il faut ajouter celles dues à l'entrave mise aux exportations de notre bétail vers les pays voisins ou lointains. A la même époque, en Grande-Bretagne, par exemple, où le système de l'abattage est appliqué intégralement, sans vaccination, il y avait eu à peine 1 000 foyers aphteux et les frais occasionnés par la fièvre aphteuse, y compris les indemnités aux propriétaires des animaux abattus, n'ont pas atteint 10 millions de livres sterling (soit moins de 15 milliards de francs anciens).

En 1959, il a été signalé en France 6 198 foyers nouveaux de fièvre aphteuse (bien que 6 millions de bovidés aient été vaccinés) et 7 664 foyers nouveaux en 1960. Si l'on compare dans divers départements le pourcentage des animaux de l'espèce bovine vaccinés en 1959 et le nombre des foyers aphteux enregistrés pendant cette année-là, on constate qu'il n'y a, en général, guère de rapports entre eux. Ainsi, dans le département de Meurthe-et-Moselle où 70 % des animaux ont été vaccinés on a signalé seulement 20 foyers; par contre, dans le département de l'Aveyron où également 70 % des animaux ont été vaccinés, il a été enregistré 302 foyers. Dans les départements du Jura, du Bas-Rhin et de la Seine-Maritime où 60 % des bovins ont été vaccinés, il a été notifié respectivement 72, 74 et 437 foyers.

En dépit de l'inertie des Pouvoirs publics concernant la mise en œuvre du système de l'abattage, nous avons inlassablement poursuivi nos interventions en faveur de l'application de ce système et de sa généralisation, en faveur de l'organisation rationnelle de la lutte contre le fléau aphteux, les Notes successivement présentées devant l'Académie des Sciences, nos nombreuses publications, faites dans divers recueils, portent témoignage de nos efforts.

Dans notre Note à l'Académie des Sciences en date du 2 septembre 1957, en particulier, nous exprimions l'espoir : *que dès que les circonstances le permettront, c'est-à-dire dès que dans l'ensemble des départements, il n'existera plus qu'un petit nombre de foyers aphteux et sans attendre une nouvelle vague épizootique, le système de l'abattage soit appliqué à bon escient et dans toute la France* et obtienne le même succès qu'en Grande-Bretagne, en Suède, en Suisse, au Canada et dans le département français du Finistère qui, grâce à l'heureuse initiative du Docteur Pérus, directeur des Services vétérinaires de ce département, a montré la voie à suivre dans la pratique.

Nous l'avons déclaré, à maintes reprises, grâce à l'abattage systématique *soit lors de l'éclosion des premiers foyers de fièvre aphteuse, soit au déclin d'une épizootie, au fur et à mesure qu'apparaissent de nouveaux foyers*, on supprime le virus aphteux, on empêche sa multiplication, on évite la formation des porteurs et des vecteurs du virus et la propagation de la fièvre aphteuse dans le pays où elle a éclos et vers les pays voisins, on s'oppose à sa réapparition.

Rappellerons-nous que c'est grâce à un système identique à celui utilisé avec succès par différents pays pour lutter contre la fièvre aphteuse que l'Europe a su se défendre, depuis plus de quarante années, contre la *peste bovine*. C'est encore grâce à un système analogue que diverses nations ont éliminé, totalement ou presque, la *tuberculose bovine*. Il en est ainsi du Danemark et des autres États scandinaves, des Pays-Bas, de la Suisse, de la Belgique, des États-Unis, etc. Le pays de Pasteur n'est pas encore de ceux-là, malgré les louables efforts entrepris depuis quelques années.

Cependant, à la date du 27 août dernier, le Ministre de l'Agriculture a pris un Arrêté ordonnant en dehors de la vaccination plus ou moins régulièrement pratiquée, l'abattage systématique de tous les animaux atteints de fièvre aphteuse ou contaminés, dans 18 départements de l'Est de la France. Et déjà les résultats favorables de cette mesure se font sentir.

En effet, il y eut en France 7 664 foyers nouveaux en 1960, soit en moyenne 637 par mois. Par contre en 1961, il n'a été enregistré que 1 030 foyers nouveaux jusqu'au 15 mai, soit 228 par mois.

Le nombre des départements dans lesquels sont apparus des foyers nouveaux a été en moyenne de 55 pour chacune des sept premières quinzaines de 1961, de 40 pour la seconde quinzaine d'avril et de 25 pour la première quinzaine de mai.

Dans la deuxième quinzaine d'avril il n'a été constaté, dans les 18 départements de l'Est soumis au système de l'abattage, qu'un seul foyer (en Haute-Savoie) et aucun dans la première quinzaine de mai.

Dans notre Note à l'Académie des Sciences du 5 septembre 1960 qui annonçait l'Arrêté instituant la pratique du système de l'abattage dans 18 départements, nous formulions le souhait que ce système soit judicieusement mis en œuvre (et les Règlements de police sanitaire rigoureusement appliqués) et qu'il soit étendu à l'ensemble des départements.

Maintenant que la mesure prise commence à porter ses fruits et que l'épizootie aphteuse tend vers son déclin, *nous insistons afin que le système de l'abattage soit généralisé dans la France entière.*

Nous exprimons à nouveau l'espoir de voir notre pays tirer grand profit du système de lutte contre la fièvre aphteuse, que nous avons sans cesse recommandé depuis dix ans, pour la sauvegarde de son cheptel et pour l'amélioration de son Économie rurale et générale.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) G. Ramon, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 777, 1010 et 1106; 235, 1952, p. 333; 238, 1954, p. 975; 239, 1954, p. 629; 240, 1955, p. 1173; 241, 1955, p. 839; 242, 1956, p. 1937; 244, 1957, p. 275; 245, 1957, p. 913; 251, 1960, p. 1108.

(2) O. Waldmann, l'un des auteurs de la mise au point de la vaccination anti-aphteuse s'exprimait ainsi en [illegible] : « Les recherches de Vallée Carré et Rinjard [illegible] s'inspiraient manifestement des travaux de Ramon sur l'anatoxine diphtérique (O. Waldmann, *Deutsche Tier. Woch.*, 46, 1938, p. 569 et *IVe Congrès de Pathologie comparée*, Rome, 1939).

(3) *Voir* la liste de nos publications sur ce sujet dans notre Ouvrage *Quarante années de Recherches et de Travaux*, Paris, 1957, et *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 47, 1957, p. 156 et suiv.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

ALGÈBRE. — *La droite projective quaternionienne et les transformations de Study-Pimiä.* Note (*) de M. **Roger Pernet**, présentée par M. René Garnier.

Sur une droite projective quaternionienne, Pimiä a introduit une correspondance entre transformations homographiques à droite et à gauche. On interprète et complète ces résultats grâce à la notion de point bilatère, relative à des algèbres de quaternions généralisés.

1. Study, dans ses travaux de Géométrie sphérique ([1]), ([2]), utilisa systématiquement les transformations homographiques sur une droite projective quaternionienne. Plusieurs auteurs, notamment S. Wachs ([3]), ont étudié plus généralement les transformations homographiques d'un espace projectif quaternionien; mais ces recherches se rapportaient à des transformations homographiques à droite ou à gauche, le produit quaternionien n'étant pas commutatif.

Continuant les travaux de Study, Pimiä ([4]) associa une transformation homographique à gauche à chaque transformation homographique à droite de points unilatères projectifs (pour les quaternions ordinaires); on indique ici comment une telle correspondance peut être précisée et généralisée.

2. Soit S une algèbre cyclique de rang 4 sur son centre K, corps de caractéristique nulle ([5]). Les lettres romaines désignent des éléments de S. Si $A \in S$, NA est la norme de A; $\overline{A}$ est le conjugué de A.

On utilise les lemmes suivants :

I. *Pour que* $AX = 0$ (*resp.* $XA = 0$), *avec* $A \neq 0$ *et* $NA = 0$, *il faut et il suffit que :* $X = \overline{A}R$ (*resp.* $X = R\overline{A}$), R *pouvant prendre une infinité de valeur distinctes, telles que* $NR = 0$.

II. $AD = BC$ *et* $NB\,ND = 0$ *impliquent* $A = BL$, $C = LD$.

III. $AD = BC$, $NB = 0$ *et* $\overline{B}A \neq 0$ *impliquent* $AD = BC = 0$.

IV. *Si* $\overline{A}B \neq 0$ *et* $NA = NB = 0$, *tout quaternion* $M \neq 0$ *peut s'écrire* $AX + BY$ (*ou* $XA + YB$), *avec* $NXY \neq 0$.

V. $AD = BC = 0$ *et* $A\overline{B} \neq 0$, $C\overline{D} \neq 0$ *impliquent* $D = \overline{A}U$, $C = \overline{B}U$.

3. Droite projective quaternionienne. — Les couples ordonnés (A_1, A_2) d'éléments de S sont répartis en classes, selon la relation d'équivalence R_d :

$$(A_1, A_2) \sim (A'_1, A'_2) \quad \text{si} \quad A'_1 = A_1 U, \quad A'_2 = A_2 U, \quad NU \neq 0.$$

La relation $A_1 \overline{A}_2 = 0$ est compatible avec R_d.

Un *point à droite* est une classe suivant R_d vérifiant la condition

$$(1) \qquad A_1\overline{A}_2 \neq 0 \quad \text{si} \quad NA_1 = NA_2 = 0.$$

L'un quelconque des couples (A_1, A_2) est appelé « système de coordonnées homogènes » ou « indicateur » du point.

De même on définit l'équivalence R_g :

$$(A_1^*, A_2^*) \sim (A_1'^*, A_2'^*) \quad \text{si} \quad A_2'^* = VA_1^*, \qquad A_2'^* = VA_2^*, \qquad NV \neq 0;$$

d'où la notion de *point à gauche*.

Un point bilatère est l'ensemble d'un point à droite et d'un point à gauche, dont les indicateurs respectifs (A_1, A_2) et (A_1^*, A_2^*) vérifient la relation

$$(2) \qquad A_1^* A_2 - A_2^* A_1 = 0 \quad \text{compatible avec } R_d \text{ et } R_g.$$

Un point bilatère est déterminé de façon unique par son point à droite ou son point à gauche [si $A_1 \overline{A}_2 = NA_1 = NA_2 = 0$, la relation (2) fait correspondre à la classe suivant R_d une infinité de classes suivant R_g : c'est l'origine de la condition restrictive (1) pour la notion de point.]

L'ensemble des points bilatères est dit « *droite projective quaternionienne* » ou en abrégé d. p. q.

4. Transformations de Study de la d. p. q. — a, b, c, d étant des quaternions fixes, la condition (1) et la relation d'équivalence R_d sont conservées par la transformation $\mathfrak{T}$:

$$A_1' = aA_1 + bA_2, \qquad A_2' = cA_1 + dA_2 \qquad \text{si} \quad Nad - ac.db - bd.ca + Nbc \neq 0$$

(nabla de $\mathfrak{T}$). Cette transformation est une application bijective de l'ensemble des points à droite sur lui-même.

Même remarque pour les points à gauche et la transformation $\mathfrak{T}^\star$:

$$A_1'^* = A_1^* a^* + A_2^* b^*, \qquad A_2'^* = A_1^* c^* + A_2^* d^*.$$

Pour qu'un couple de transformation $(\mathfrak{T}, \mathfrak{T}^\star)$ conserve la relation (2) il faut et il suffit que

$$a^* c - c^* a = b^* d - d^* b = 0, \qquad b^* c - d^* a - c^* b - a^* d \in K.$$

Ces conditions déterminent de façon unique le couple $\mathfrak{T}$, $\mathfrak{T}^\star$, par la transformation à droite $\mathfrak{T}$ ou par la transformation à gauche $\mathfrak{T}^\star$. Le couple $(\mathfrak{T}, \mathfrak{T}^\star)$ est dit « homographie de la d. p. q. De même, une antihomographie est un couple d'applications bijectives de l'ensemble des points à droite sur celui des points à gauche.

5. Fonctions de Study-Pimiä. — Elles sont relatives à des paires ou à des quadruples de points bilatères. Soit $(\mathfrak{A}, \mathfrak{A}^\star)$ un point bilatère dont le point à droite $\mathfrak{A}$ (resp. à gauche $\mathfrak{A}^\star$) a pour indicateur $(A_1\ A_2)$ (resp. $A_1^*\ A_2^*$); $(\mathfrak{B}, \mathfrak{B}^\star)$, $(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}^\star)$, $(\mathfrak{D}, \mathfrak{D}^\star)$ désignent trois autres points bilatères.

On pose

$$\Gamma(\mathfrak{A}^*, \mathfrak{B}) = A_1^* B_2 - A_2^* B_1, \qquad \bar{\Gamma}(\mathfrak{B}, \mathfrak{A}^*) = \bar{B}_2 \bar{A}_1^* - \bar{B}_1 \bar{A}_2^* = \overline{\Gamma(\mathfrak{A}^*, \mathfrak{B})};$$

$$\Pi(\mathfrak{A}^*, \mathfrak{B}^*, \mathfrak{C}, \mathfrak{D}) = \Gamma(\mathfrak{A}^*, \mathfrak{C}).\bar{\Gamma}(\mathfrak{C}, \mathfrak{B}^*).\Gamma(\mathfrak{B}^*, \mathfrak{D}).\Gamma(\mathfrak{D}, \mathfrak{A}^*)$$

$$D(\mathfrak{A}^*, \mathfrak{B}^*, \mathfrak{C}, \mathfrak{D}) = \Pi(\mathfrak{A}^*, \mathfrak{B}^*, \mathfrak{C}, \mathfrak{D})[N(\Gamma(\mathfrak{A}^*, \mathfrak{D}).\Gamma(\mathfrak{B}^*, \mathfrak{C}))]^{-1}.$$

La fonction D généralise le rapport anharmonique de quatre points sur une droite réelle ou complexe : D ne dépend pas des indicateurs choisis pour définir les quatre points et demeure invariante dans une transformation homographique de points bilatères.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) E. Cartan, *Leçons sur la géométrie projective complexe*, Paris, 1931.

(2) Study, *Math. Z.*, 18, 1923, p. 55-86 et 201-229; 21, 1924, p. 45-71 et 174-194.

(3) S. Wachs, *Essai sur la géométrie projective quaternionienne* (*Thèse, Paris*, 1936).

(4) Pimiä, *Abbildung der Lieschen Kugelgeometrie*, Ac. Sc. Finlande, 1941.

(5) Deuring, *Algebren*, Leipzig, 1935.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Chaîne d'amplification pour anémomètre à fil chaud.* Note (*) de MM. **Jacques Tacussel, Jean Mathieu** et **Michel Ailloud**, transmise par M. Henri Villat.

Une chaîne d'amplification à faible bruit de fond et large bande passante pour la mesure des caractéristiques turbulentes d'un écoulement par la méthode de l'anémomètre à fil chaud (méthode à intensité constante) a été étudiée, réalisée et expérimentée.

Dans les mesures de turbulence à faible niveau, dans les mesures de dérivées de signaux fluctuants et dans certaines combinaisons de signaux, on est gêné par le bruit de fond des amplificateurs. L'emploi de fils très fins, en nécessitant une compensation d'inertie thermique faible, pallie partiellement cet inconvénient, en en créant d'autres d'ordre mécanique (1),(2),(3), Nous avons donc essayé de construire un ensemble dont le bruit de fond soit aussi faible que possible, sans limiter pour autant l'étendue de la bande passante. La chaîne comprend trois parties :

1° un préamplificateur à transistors de gain 150 (*fig.* 1);

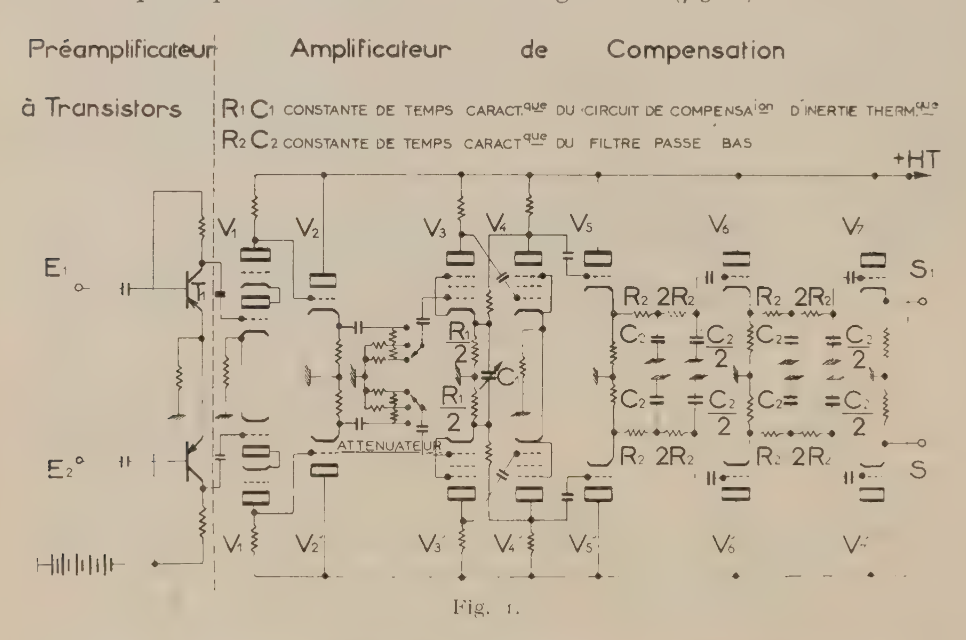


Fig. 1.

2° un amplificateur comprenant les circuits de compensation, d'atténuation et de réglage de la bande passante (*fig.* 1);

3° un amplificateur de puissance comportant les circuits de dérivation. La sortie s'effectue à basse impédance par un étage à charge cathodique susceptible d'alimenter par exemple, un voltmètre efficace à thermocouple.

La fréquence maximale transmise est de 100 kHz environ. Elle peut être limitée au moyen d'un filtre à 36, 22, 12 ou 6 kHz. La fréquence de coupure inférieure est 0,5 Hz. Le bruit de fond rapporté à l'entrée de la chaîne complète est inférieur à 0,2 μV pour une bande passante de 0,5 Hz à 12 kHz.

Le fil est placé dans un pont de résistances alimenté en courant continu par une alimentation régulée et filtrée (bruit de fond résiduel de 30 μV pour une tension de sortie de 100 V). Le réglage correct de la compensation d'inertie thermique s'effectue en superposant un courant rectangulaire au courant de chauffage du fil. La compensation est ajustable de 0 à 1 ms. L'amplificateur peut être connecté indifféremment aux bornes du fil lors

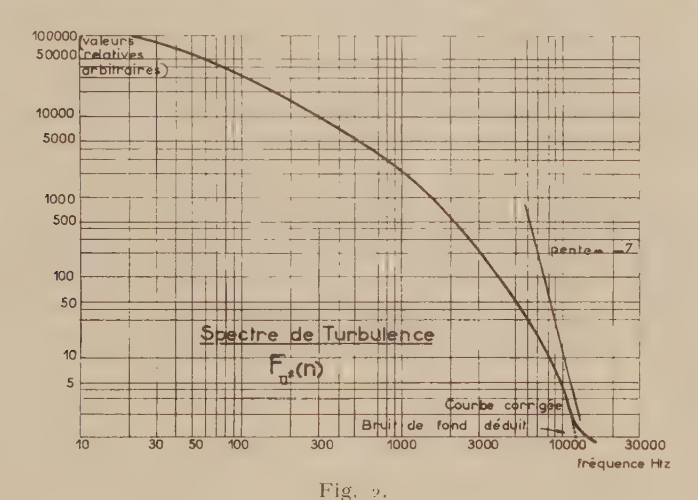


Fig. 2.

d'une mesure (signal à l'entrée de la chaîne asymétrique) ou aux bornes de la diagonale du pont pendant la compensation, afin d'accroître la sensibilité du réglage (signal à l'entrée de la chaîne symétrique).

Afin de donner une idée des possibilités de cet ensemble, nous l'avons expérimenté dans une soufflerie dont les niveaux de turbulence cinématiques et thermiques variables peuvent atteindre des valeurs minimales très faibles : $\sqrt{\overline{u^2}}/u = 0{,}2\ \%$ et $\sqrt{\overline{\theta^2}} = 0{,}065^{\circ}\mathrm{C}$ (pour une température de 40°C environ correspondant à une élévation de température de 20° au-dessus de l'ambiance).

U désigne la vitesse moyenne et θ la fluctutation instantanée de température.

Dans le même but le spectre de la turbulence $F_{u^2}(n)$ (*fig.* 2) a été mesuré en aval d'une grille et d'un convergent de rapport de contraction 2 (préamplificateur hors circuit) pour une vitesse de 15 m/s avec un fil de 3 μ. L'expérience a alors montré que, pour ce niveau modéré

de turbulence : 7 %, le bruit de fond n'intervenait dans la mesure que pour des fréquences $n_1 > 10$ kHz, correspondant à des rapports de signaux

$$\frac{F_{u^2}(n_1)}{F_{u^2}(20)} < 2.10^{-4}.$$

Conditions de mesure.	U (m/s).	Fil (μ).	I ch. (mA).	Turbulence (%).	$\sqrt{\overline{\theta^2}}$ (°C).	Préamplificateur.
I. Turbulence cinématique minimale (convergent de rapport de contraction = 16).	33,8	6	100	0,24	–	En circuit
	35,7	6	100	0,23	–	
	31,1	3	35	0,25	–	
II. Turbulence thermique dans les mêmes conditions que I.	18,3	3	10	–	0,067	En circuit
	18,3	3	12	–	0,068	
III. Turbulence cinématique en aval d'une grille et d'un convergent (rapport de contraction = 2).	18,8	6	100	6,8	–	Hors circuit
	20,3	6	100	7,1	–	
IV. Turbulence thermique dans les mêmes conditions que III.	13,5	6	20	–	0,16	En circuit

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) L. S. G. Kovasnay, *Development of turbulence-measuring equipment*, N. A. C. A., Report 1209, 1954.

(2) J. Tacussel, *Contribution à l'étude des amplificateurs de signaux continus, Thèse de doctorat*, n° 226, Université de Lyon, 1956.

(3) G. Comte-Bellot et J. Mathieu, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3219.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Étude d'une représentation symétrique des lois de l'Électromagnétisme.* Note (*) de M. **Daniel Bayle**, présentée par M. Joseph Pérès.

Une représentation symétrique [1] des lois de l'Électromagnétisme dans le cadre de la Relativité restreinte utilise, parallèlement aux notions de courant électrique et de potentiel magnétodynamique, les notions de courant magnétique et de potentiel électrodynamique, jouant le rôle d'artifices de calcul. Des formes différentielles extérieures étant associées aux diverses grandeurs de cette représentation, la théorie des formes harmoniques [2] induit dans le champ électromagnétique l'existence de composantes harmoniques alliant simultanément les caractères statique et dynamique, ou les caractères électrique et magnétique.

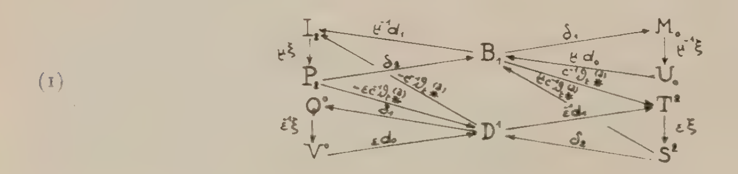
La notation employée est la notation classique de la théorie des formes différentielles [2], à ceci près que l'action de l'opérateur de dualité (noté $\overset{(m)}{\star}$ pour une variété de dimension m) sera indiquée par montée ou descente de l'indice numérique repérant le degré de la forme : ainsi, à une p-forme A^p est associée par dualité la $(m-p)$-forme $A_{m-p} = \overset{(m)}{\star} A^p$, et les formes A^p et A_{m-p} définissent des « courants » [3]. Les lois de l'Électromagnétisme sont formulées dans un système d'unités mixtes, pour des milieux matériels doués de propriétés diélectriques et magnétiques. Aux diverses grandeurs sont associés des tenseurs antisymétriques (pour lesquels les indices latins varient de 1 à 3, et les indices grecs de 1 à 4 ou de 1 à 2), puis des formes différentielles à support compact dans des 3- ou 4-variétés différentiables $\mathbf{V}^3$ ou $\mathcal{V}^4$.

Dans $\mathbf{V}^3$ munie de la métrique de l'espace ordinaire, on considère deux familles de plans orthogonaux $\mathbf{V}^2$ et $\tilde{\mathbf{V}}^2$ (homéomorphes localement aux « feuillets » de l'Électromagnétisme classique). Les plans de chacune de ces deux familles sont continûment recouverts par des droites $\mathbf{V}^1$ d'une part, $\tilde{\mathbf{V}}^1$ d'autre part, normales aux intersections de ces plans, et le produit topologique de $\mathbf{V}^2$ et $\tilde{\mathbf{V}}^1$, ou de $\tilde{\mathbf{V}}^2$ et $\mathbf{V}^1$ définit $\mathbf{V}^3$. Dans $\mathcal{V}^4$ munie de la métrique hyperbolique normale, on considère également deux familles de plans orthogonaux $\mathcal{V}^2$ et $\tilde{\mathcal{V}}^2$, tels que leur produit topologique définisse $\mathcal{V}^4$. Ces plans sont eux-mêmes recouverts par des droites $\mathcal{V}^1$ et $\tilde{\mathcal{V}}^1$. Les chaînes construites sur les ouverts de ces diverses variétés constituent les champs d'intégration des formes différentielles utilisées.

1. Dans $\mathbf{V}^3$ les équations classiques de l'Électromagnétisme sont rendues symétriques par l'introduction de courants magnétiques [2] et d'un second potentiel dynamique. Sur les variétés $\mathbf{V}^2$ sont intégrées des formes $-\mathfrak{U}_0$, $\mathcal{H}_1$, $4\pi c^{-1}\mathcal{J}_2$, $\mathfrak{T}_2$, $\mathcal{B}_1 = \mu\mathcal{H}_1$, $-4\pi\mathcal{M}_0$, associées respectivement au scalaire potentiel magnétostatique $(-\mathfrak{U})$, au 1-vecteur champ magnétique $(\mathcal{H}^i)$, au 2-vecteur courant électrique local $(4\pi c^{-1}\mathcal{J}^{ij})$, au 2-vecteur potentiel magnétodynamique $(\mathfrak{T}^{ij})$, au 1-vecteur induction magnétique $(\mathcal{B}^i = \mu\mathcal{H}^i)$, au scalaire masse magnétique $(-4\pi\mathcal{M})$.

Sur les variétés $\tilde{\mathbf{V}}^2$ sont intégrées de même des formes $-\mathcal{V}^0$, $\mathcal{E}^1$, $4\pi c^{-1}\mathcal{T}^2$, $\mathcal{S}^2$, $\mathcal{D}^1 = \varepsilon\mathcal{E}^1$, $-4\pi\mathcal{Q}^0$, associées respectivement au scalaire potentiel électrostatique $(-\mathcal{V})$, au 1-covecteur champ électrique $(\mathcal{E}_i)$, au 2-covecteur courant magnétique local $(4\pi c^{-1}\mathcal{T}_{ij})$, au 2-covecteur potentiel électrodynamique $(\mathcal{S}_{ij})$, au 1-covecteur induction électrique $(\mathcal{D}_i = \varepsilon\mathcal{E}_i)$, au scalaire charge électrique $(-4\pi\mathcal{Q})$.

Ces formes constituent respectivement des groupes additifs représentés par les majuscules U_0, H_1, I_2, P_2, B_1, M_0, pour les formes dont les champs d'intégration sont sur $\mathbf{V}^2$, et par les majuscules V^0, E^1, T^2, S^2, D^1, Q^0, pour celles dont les champs d'intégration sont sur $\tilde{\mathbf{V}}^2$. Sur ces groupes les lois de l'Électromagnétisme induisent les homomorphismes figurés sur le diagramme suivant, dans lequel d et δ désignent l'opérateur de différentiation extérieure et l'opérateur de codifférentiation extérieure, ∂_t l'opérateur de dérivation partielle par rapport au temps, ξ l'opérateur définissant les potentiels newtoniens.

(1) 

Par ailleurs l'étude de deux dualités simultanées, d'opérateurs $\overset{2}{\star}$ sur les 2-variétés $\mathbf{V}^2$ et $\tilde{\mathbf{V}}^2$, fait apparaître quatre homomorphismes nouveaux définis à partir des opérateurs $\overset{1}{\star}$ de dualité sur les 1-variétés $\mathbf{V}^1$ et $\tilde{\mathbf{V}}^1$ par les relations

$$(2)\quad \begin{cases} -\varepsilon c^{-1}\partial_t\overset{(1)}{\star} : \ B_1 \to Q^0; & -\mu c^{-1}\partial_t\overset{1}{\star} : \ D^1 \to M_0; \\ \varepsilon\mu c^{-1}\partial_t\overset{(1)}{\star} : \ V^0 \to B_1; & \varepsilon\mu c^{-1}\partial_t\overset{1}{\star} : \ U_0 \to D^1. \end{cases}$$

Le diagramme (1) ainsi complété devient entièrement symétrique; il permet de retrouver les résultats de l'étude d'un Électromagnétisme classique non conservatif [4].

Un problème harmonique se pose (détermination de composantes des inductions $\mathcal{B}_1$ et $\mathcal{D}^1$ satisfaisant aux relations : $\Delta\mathcal{B}_1 = 0$, et $\Delta\mathcal{D}^1 = 0$). Du point de vue physique, ces composantes harmoniques sont douées simultanément du caractère dynamique et du caractère statique, donc ne rayonnent aucune énergie.

2. Dans $\mathcal{V}^4$ on est alors amené à distinguer des grandeurs dynamiques d'univers et des grandeurs statiques d'univers.

Considérant d'abord les grandeurs dynamiques d'univers, on définit dans $\mathcal{V}^4$ des formes φ^1, $\mathcal{F}^2$, $\mathcal{J}^1$, ψ^1, $\mathcal{G}^2$, $\mathcal{K}^1$, associées respectivement

au 1-vecteur potentiel magnétodynamique (φ^α, avec $\varphi^i = \mathfrak{T}^i$, $\varphi^4 = 0$) au 2-vecteur de composantes $\mathcal{F}^{\alpha\beta}$ représentées par la matrice

$$\begin{bmatrix} 0 & \mathcal{B}_3 & -\mathcal{B}_2 & \mathcal{E}^1 \\ -\mathcal{B}_3 & 0 & \mathcal{B}_1 & \mathcal{E}^2 \\ \mathcal{B}_2 & -\mathcal{B}_1 & 0 & \mathcal{E}^3 \\ -\mathcal{E}^1 & -\mathcal{E}^2 & -\mathcal{E}^3 & 0 \end{bmatrix},$$

au 1-vecteur courant électrique ($4\pi c^{-1}\mathcal{J}^\alpha$, avec $\mathcal{J}^i = \mathcal{I}^i$, $\mathcal{J}^4 = 0$), au 1-covecteur potentiel électrodynamique (ψ_α, avec $\psi_i = \mathfrak{S}_i$, $\psi_4 = 0$), au 2-covecteur de composantes $\mathcal{G}_{\alpha\beta}$ représentées par la matrice

$$\begin{bmatrix} 0 & \mathcal{D}_3 & -\mathcal{D}_2 & \mathcal{H}^1 \\ -\mathcal{D}_3 & 0 & \mathcal{D}_1 & \mathcal{H}^2 \\ \mathcal{D}_2 & -\mathcal{D}_1 & 0 & \mathcal{H}^3 \\ -\mathcal{H}^1 & -\mathcal{H}^2 & -\mathcal{H}^3 & 0 \end{bmatrix},$$

au 1-covecteur courant magnétique ($4\pi c^{-1}\mathcal{K}_\alpha$, avec $\mathcal{K}_i = \mathfrak{T}_i$, $\mathcal{K}_4 = 0$). Ces formes constituent des groupes additifs notés respectivement Φ_1, F_2, J_1, Ψ^1, G^2, K^1, sur lesquels sont induits les homomorphismes suivants :

(3)
$$\begin{array}{ccccccc} J_1 & \xleftarrow{\delta_2} & G_2 & \overset{(4)}{*} \quad \overset{(4)}{*} & F^2 & \xrightarrow{\delta_2} & K^1 \\ \downarrow \mu\xi & & & \times & & & \downarrow \varepsilon\xi \\ \Phi_1 & \xrightarrow{d_1} & F_2 & & G^2 & \xleftarrow{d_1} & \Psi^1 \end{array}$$

Les formes $-\mathcal{U}_0$, $\mathcal{G}_1$, $-4\pi\mathfrak{M}_0$, $-\mathcal{V}^0$, $\mathcal{F}^1$, $-4\pi\mathfrak{Q}^0$, associées aux grandeurs statiques d'univers constituent également des groupes additifs U_0, G_1, M_0, V^0, F^1, Q^0 :

(4)
$$\begin{array}{ccccccc} M_0 & \xleftarrow{\mu\delta_1} & G_1 & \overset{(2)}{*} \quad \overset{(2)}{*} & F^1 & \xrightarrow{\varepsilon\delta_1} & Q^0 \\ \downarrow \varepsilon'\xi & & & \times & & & \downarrow \varepsilon'\xi \\ U_0 & \xrightarrow{\mu d_0} & F_1 & & G^1 & \xleftarrow{\varepsilon d_0} & V^0 \end{array}$$

La représentation relativiste conduit donc à poser deux nouveaux problèmes harmoniques, impliquant dans les champs et inductions l'existence de composantes douées simultanément du caractère électrique et du caractère magnétique.

En l'absence de composantes harmoniques, les suites figurant horizontalement dans les diagrammes (1), (3), (4), sont exactes. L'homologie entre les « courants » et les chaînes formées sur les subdivisions polyédrales des variétés [3] permet alors de leur substituer des suites d'homologie [5].

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) E. Durand, *Revue générale d'électricité*, 64, 1955, p. 350.

(2) A. Lichnérowicz, *Théorie globale des connexions et des groupes d'holonomie*, Dunod, Paris, 1955, p. 169-189.

(3) G. de Rham, *Variétés différentiables*, Hermann, Paris, 1955.

(4) E. Durand, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1862.

(5) S. Eilenberg et N. Steenrod, *Foundations of algebraic Topology*, Princeton University Press, 1952.

RELATIVITÉ. — *Une interprétation géométrique du champ électromagnétique.* Note (*) de M. **Enrique Figueras**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'auteur aborde l'étude, suggérée par un résultat d'une Note antérieure, du « tenseur des premières courbures », $C_{\alpha\beta} = F_{\alpha\lambda} F^{\lambda}{}_{\beta}$, et trouve des conditions qui le caractérisent algébriquement.

1. Dans une Note antérieure [1], nous avons vu que, dans un champ électromagnétique pur, la répartition des valeurs de la première courbure c_1 des trajectoires de particules d'épreuve chargées issues d'un même point, est donnée par la formule (13) de cette Note, qu'on peut mettre sous la forme

$$(1) \qquad c_1^2 = F_{\alpha\lambda} F^{\lambda}{}_{\beta} (ku^{\alpha})(ku^{\beta}),$$

où k est le rapport de la charge de la particule à sa masse et u^{α} le vecteur normé tangent à la trajectoire envisagée. Cette formule nous dit que c_1^2 est la forme quadratique du vecteur ku^{α} associé au tenseur symétrique

$$(2) \qquad C_{\alpha\beta} = F_{\alpha\lambda} F^{\lambda}{}_{\beta},$$

que nous appellerons le « tenseur des premières courbures » (t. de p. c.) du champ $F_{\alpha\beta}$. La formule (1) est aussi valable pour la trajectoire d'une particule chargée dans un schéma matière pure-champ électromagnétique et nous a suggéré d'étudier le tenseur $C_{\alpha\beta}$, afin de déterminer dans quelle mesure on peut le substituer au champ électromagnétique $F_{\alpha\beta}$.

Étant donné un t. des p. c. $C_{\alpha\beta}$, nous appellerons champ électromagnétique « associé à $C_{\alpha\beta}$ », tout $F_{\alpha\beta}$ dont $C_{\alpha\beta}$ soit le t. des p. c. Dans cette Note nous donnons des conditions qui caractérisent algébriquement un t. des p. c. et dans une prochaine publication nous déterminerons, dans le plus de cas possible, les champs $F_{\alpha\beta}$ associés à un t. des p. c.

2. Parfois, dans ce qui suit, il nous sera commode d'utiliser des « formes réduites » de $C_{\alpha\beta}$; dans ce cas, il s'agira toujours des expressions qu'on obtient en exprimant $F_{\alpha\beta}$ par les mêmes formes réduites que nous avons employées dans la Note mentionnée. Alors on a, dans le cas régulier,

$$C_{00} = -C_{11} = X^2, \qquad C_{22} = C_{33} = L^2,$$

les autres composantes nulles, et dans le cas singulier,

$$C_{00} = C_{33} = -C_{03} = X^2 > 0,$$

les autres composantes nulles.

Ces formes réduites nous donnent ensuite les valeurs suivantes des invariants ψ et $\Phi^{(2)}$, de tout possible $F_{\alpha\beta}$ associé à un tenseur symétrique $C_{\alpha\beta}$:

$$(3) \qquad \psi = \pm \frac{1}{2} \operatorname{tr} C, \qquad \Phi^2 = 4\sqrt{|C|},$$

tr C et | T | étant la trace et le déterminant du tenseur $C_{\alpha\beta}$. Donc, « les possibles $F_{\alpha\beta}$ associés au même $C_{\alpha\beta}$, sont ou tous réguliers ou tous singuliers, suivant qu'on a, resp., ou

$$(4) \qquad \mathrm{tr}^2 C + |C|^2 \neq 0 \quad \text{ou} \quad \mathrm{tr}\, C = |C| = 0 \text{ »}.$$

Or, si l'on exprime le tenseur de l'impulsion-énergie de Maxwell $\tau_{\alpha\beta}$ en fonction de $C_{\alpha\beta}$, on obtient

$$(5) \qquad \tau_{\alpha\beta} = C_{\alpha\beta} - \frac{\mathrm{tr}\, C}{4} g_{\alpha\beta}$$

et l'on en déduit que « si tr C = o, en particulier, dans le cas singulier, le t. des p. c. coïncide avec le tenseur de Maxwell » et a donc toutes les propriétés de ce dernier.

3. Pour faire l'étude algébrique du t. des p. c., en un point x de la variété espace-temps V_4, d'abord nous envisageons comme séparés les deux cas que peut présenter $C_{\alpha\beta}$ suivant qu'il satisfasse à l'une ou à l'autre des deux conditions (4).

En prenant des formes réduites pour $C_{\alpha\beta}$, on trouve que « pour qu'un tenseur symétrique $C_{\alpha\beta}$ soit le t. des p. c. de champs $F_{\alpha\beta}$ réguliers, il faut et il suffit qu'il admette, par rapport à $g_{\alpha\beta}$, quatre valeurs propres réelles, dont deux soient égales et non positives et les deux autres égales et non négatives, et telles qu'à chaque valeur distincte lui corresponde un 2-plan de vecteurs propres, celui qui correspond à la valeur non négative étant orienté dans le temps. Si les deux valeurs distinctes sont $s \geq 0$ et $-s' \geq 0$, l'angle θ de la rotation duale des champs $F_{\alpha\beta}$ associés au $C_{\alpha\beta}$ est donné par la formule

$$(6) \qquad \mathrm{tg}^2\, \theta = \frac{\sqrt{\Delta} + \mathrm{tr}\, C}{\sqrt{\Delta} - \mathrm{tr}\, C} \qquad (\Delta = \mathrm{tr}^2 C + \sqrt{|C|})$$

et les composantes de ses formes réduites ont les valeurs $X = \pm\sqrt{s}$, $L = \pm\sqrt{s'}$, correspondant à chaque couple possible de ces valeurs une racine de l'équation (6) ». On en tire que $C_{\alpha\beta}$ est un tenseur symétrique dont la suite des diviseurs élémentaires de la matrice caractéristique est de la forme $(s - s_1)$, $(s - s_1)$, $(s - s_2)$, $(s - s_2)$; d'après une étude générale des tenseurs de cette forme, nous en avons déduit qu' « une condition nécessaire et suffisante pour que $C_{\alpha\beta}$ satisfasse aux conditions énoncées est qu'il satisfasse à l'équation tensorielle

$$(7) \qquad C_{\alpha\lambda} C^{\lambda}{}_{\beta} - \frac{\mathrm{tr}\, C}{2} C_{\alpha\beta} - \sqrt{|C|}\, g_{\alpha\beta} = 0,$$

avec les conditions

$$(8) \qquad |C|^2 + \mathrm{tr}^2 C \neq 0,$$

$$(9) \qquad \begin{cases} |C| \geq 0, \\ \text{il existe un } x^\alpha \text{ orienté dans le temps tel que } C_{\alpha\beta} x^\alpha x^\beta > 0 \text{ »}. \end{cases}$$

Des propriétés du tenseur de Maxwell dans le cas singulier, on sait [3] que « pour qu'un tenseur symétrique $C_{\alpha\beta}$ soit le t. des p. c. de $F_{\alpha\beta}$ singuliers,

il faut et il suffit qu'on puisse l'écrire dans la forme $C_{\alpha\beta} = X^2 l_\alpha l_\beta$, l^α étant un vecteur isotrope », ce qu'on peut exprimer en disant que « $C_{\alpha\beta}$ est caractérisé par l'équation [4]

$$(10) \qquad C_{\alpha\lambda} C^{\lambda}{}_{\beta} = 0,$$

avec la condition

$$(11) \qquad \text{il existe un } x^\alpha \text{ tel que } C_{\alpha\beta} x^\alpha x^\beta > 0. \text{ »}$$

Cela posé, on voit qu'on peut réunir, d'après (4), les formules (7), (8), (9) du cas régulier avec les formules (10), (11) du cas singulier et énoncer, qu'en général, « pour que $C_{\alpha\beta}$ soit un t. des p. c., il faut et il suffit qu'il satisfasse (7), avec la condition (9) ».

$C_{\alpha\beta}$ étant symétrique, (7) est un système de 10 équations différentes avec les 10 variables réelles $C_{\alpha\beta}$; mais ces équations ne sont pas indépendantes et l'on peut réduire le système à quatre équations indépendantes. Par exemple, si l'on choisit une base orthonormée, on peut substituer (7) par le système des quatre équations indépendantes

$$(12) \qquad \begin{cases} C_{01} C_{02} C_{03} - C_{10} C_{12} C_{13} - C_{20} C_{21} C_{23} - C_{30} C_{31} C_{32} = 0, \\ 2(C_{0j}^2 + C_{0k}^2 + C_{ij}^2 + C_{ik}^2) = (C_{00} + C_{ii})(C_{00} + C_{jj} + C_{kk} - C_{ii}), \end{cases}$$

où les indices i, j, k sont tous différents et avec la condition que « si sont nulles les valeurs d'un des trois couples de la forme (C_{0i}, C_{jk}), sont aussi nulles les valeurs appartenant à au moins un autre couple de la même forme ». De ce résultat on tire que dans l'espace vectoriel des tenseurs symétriques l'ensemble des $C_{\alpha\beta}$ est de dim 6 (c'est-à-dire de la même dimension que l'ensemble des $F_{\alpha\beta}$).

(*) Séance du 3 mai 1961.

(1) *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 2143.

(2) Définis suivant le livre A. Lichnérowicz, *Théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme*, Masson, Paris, 1955.

(3) *Voir* l'Ouvrage antérieur.

(4) Cette équation m'a été indiquée par M. W. Kundt (Hamburg).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Calcul en fonction du temps du nombre de porteurs minoritaires en excès, dans un semi-conducteur de dimensions finies, initialement soumis à une excitation uniforme.* Note (*) de M. **André Fortini**, Mme **Léone Gouskov** et M. **Maurice Teboul**, transmise par M. Louis Néel.

On calcule le nombre de porteurs minoritaires en excès, à l'instant t après l'excitation, se trouvant dans un semi-conducteur de type n. On suppose simplement l'excitation uniforme et la vitesse de recombinaison superficielle constante sur les faces.

1. *Introduction.* — Nous nous proposons de calculer le temps de recombinaison des paires électrons-trous hors d'équilibre dans un cristal semi-conducteur de dimensions finies en tenant compte de la présence d'états de surfaces rapides [1], [2], [3]. Dans un modèle à une dimension, l'effet de ces derniers se traduit par un courant de porteurs vers chacune des faces du cristal perpendiculaires à la coordonnée x, et dont l'intensité est proportionnelle à la densité des porteurs en excès au voisinage immédiat de la face correspondante. Les deux faces ont pour abcisse O et W. On suppose :

— que la densité en volume en excès, I, créée à l'instant $t = 0$ pendant un temps très court est uniforme. Si le cristal est excité optiquement, cela revient à dire que l'inverse de la constante d'absorption de la radiation utilisée est bien supérieure à W;

— que la vitesse de recombinaison superficielle s est la même sur les deux faces. En outre, le matériau est supposé suffisamment impur, par exemple de type n, de façon à limiter notre étude aux porteurs minoritaires.

Soient alors $p(x, t)$ la densité des porteurs en excès au point d'abcisse x, à l'instant t, D leur longueur de diffusion, τ_v la constante de temps de recombinaison en volume.

Considérons le milieu périodique, de période W, tel que dans chaque intervalle $[n\mathrm{W}, (n+1)\mathrm{W}]$ (n entier quelconque) les propriétés physiques soient identiques à celles du cristal considéré dans l'intervalle [O, W]. La densité $p(x, t)$ des porteurs à l'instant t en un point quelconque d'un tel milieu est une fonction périodique de x. A ce titre, elle est solution de l'équation de conservation suivante :

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{p}{\tau_v} + \mathrm{D}\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - 2s\sum_{n=-\infty}^{+\infty} p(x, t)\,\delta(x - n\mathrm{W}) + \mathrm{I}\,\delta(t). \tag{1}$$

Nous allons calculer le nombre total de porteurs en excès dans l'échantillon à l'instant t, soit P(t), tel que

$$\mathrm{P}(t) = \int_0^{\mathrm{W}} p(x, t)\,dx. \tag{2}$$

2. *Calcul de la fonction* P (t). — Soient q'', les coefficients de $p(x, t)$ développée en série de Fourier. L'équation (1) est équivalente à

$$(3) \qquad q^{(n)}(t) = \left\{ e^{-\left[\frac{1}{\tau_\nu}+\frac{4\pi^2 D n^2}{W^2}\right]t} \right\} \star \left\{ I\,\delta(t)\,\delta_{0,n} - \frac{2s}{W} p(0, t) \right\}$$

où le signe ★ indique le produit de convolution.

Par itération de la relation (3), on calcule $p_1'(0, t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} q^{(n)}(t)$ en fonction de $p_0(0, t) = \mathrm{I}e^{-(t/\tau_\nu)}$, soit

$$(4) \qquad p(0, t) = \{p_0(0, t)\} \star \left\{ \delta(t) + \ldots + \left(-\frac{2s}{W}\right)^m \left[e^{-\frac{t}{\tau_\nu}} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{4\pi^2 D n^2}{W^2} t} \right]^{\star m} + \ldots \right\}.$$

Par suite, la relation (2) pourra s'écrire

$$(5) \qquad p(t) = W q^{(0)}(t) = p_0(t)\left[1 - \frac{2s}{W} U(t)\right],$$

avec

$$(6) \qquad p_0(t) = \mathrm{IW}\, e^{-\frac{t}{\tau_\nu}},$$

$$(7) \qquad U(t) = \{t\} \star \left\{ \delta(t) + \ldots + \left(-\frac{2s}{W}\right)^m \left[\theta_3\left(0 \middle| \frac{4\pi i D t}{W^2}\right)\right]^{\star m} + \ldots \right\},$$

$$(8) \qquad \theta_3\left(0 \middle| \frac{4\pi i D t}{W^2}\right) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{4\pi^2 D n^2}{W^2} t}.$$

La transformée de Laplace de P (t)/P$_0$ (t) est égale à

$$(9) \qquad y(t) = \frac{P(t)}{P_0(t)}\Bigg] \frac{1}{z} - \frac{2s}{W} \frac{1}{z^2\left(1 + \frac{s}{\sqrt{Dz}}\ \mathrm{th}\ \frac{1}{\sqrt{\frac{zW^2}{2D}}}\right)}.$$

Posons

$$(10) \qquad Z = \frac{z}{\alpha^2}; \qquad T = \alpha^2 t; \qquad \alpha^2 = \frac{4D}{W^2}; \qquad \gamma = \frac{SW}{2D}.$$

Il vient

$$(11) \qquad y\left(\frac{T}{\alpha^2}\right)\Bigg] \frac{1}{\alpha^2}\left[\frac{1}{Z} - \frac{\gamma}{Z^2} + \frac{\gamma^2}{Z^2(\gamma + \sqrt{Z}\ \mathrm{th}\sqrt{Z})}\right].$$

Les zéros de la fonction de Z égale à $\gamma + \sqrt{Z}\ \mathrm{th}\sqrt{Z}$ sont les nombres

$$(12) \qquad Z = -\nu_i^2, \qquad \text{avec} \quad \nu_i \,\mathrm{tg}\, \nu_i = \gamma.$$

En appliquant la forme généralisée du théorème du développement de Heaviside ([4]), il est aisé de voir que l'original de (11) est

$$(13) \qquad p(t) = \mathrm{IW}\, e^{-\frac{t}{\tau_\nu}} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{2\gamma^2}{\nu_i^2(\nu_i^2 + \gamma + \gamma^2)} e^{-\nu_i^2 \alpha^2 t},$$

ν_0 étant la plus petite racine positive de l'équation $\nu \operatorname{tg} \nu = \gamma$.

Nous appliquerons dans une prochaine publication ce résultat à quelques cas simples.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) W. SHOCKLEY, *Electrons and holes in semiconductors*, D. Van Nosdrand Compagnie Inc., New York, 1950, p. 318 et suiv.

(2) J. P. MC KELVEY et R. L. LONGINI, *J. Appl. Phys.*, 25, 1954, p. 634.

(3) D. I. STEVENSON et R. J. KEYES, *J. Appl. Phys.*, 26, 1955, p. 190.

(4) A. ANGOT, *Compléments de mathématiques*, Éditions de la *Revue d'Optique*, Paris, 1957 (3e éd.), p. 533.

(*Institut d'Études nucléaires, Alger.*)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'interaction quasi moléculaire entre deux noyaux légers.* Note (*) de M. **Marcel Demeur**, transmise par M. Frans van den Dungen.

Les conditions dans lesquelles un puits attractif peut être formé par la superposition de la répulsion coulombienne et de l'attraction nucléaire sont recherchées. La possibilité de formation d'états quasi moléculaire est limitée aux éléments légers et est favorisée par une déformation allongée.

L'étude expérimentale de la diffusion élastique et des réactions observées lors du bombardement du ^{12}C par du ^{12}C [1], a mis en évidence des états nucléaires d'un type nouveau, appelés quasi moléculaires. Ces états correspondraient à une configuration en haltères où les deux cœurs conserveraient leur individualité et où un certain nombre de neutrons assureraient la liaison; l'attraction d'origine nucléaire serait équilibrée par la répulsion coulombienne des cœurs. Vogt et McManus [2], ont proposé un modèle pour décrire cette nouvelle situation physique, modèle dans lequel la déformation allongée des ^{12}C joue un rôle essentiel. Nous examinons ici un modèle basé sur l'interaction de deux noyaux conservant leur individualité.

Les hamiltoniens des deux noyaux seront représentés par $H_1(\bar{x}_i)$ et $H_2(\bar{y}_j)$ où les coordonnées sont relatives à chacun des centres de masse; ces derniers sont séparés par $\bar{R}$. Le terme d'interaction $\sum_{i,j} V_{ij}(\bar{y}_j + \bar{R} - \bar{x}_i)$ sera scindé en le potentiel de répulsion coulombienne V_{cb} et la somme des interactions purement nucléaires : $\sum_{i,j} W_{ij}(\bar{y}_j + \bar{R} - \bar{x}_i)$. Notre but étant d'écrire l'équation d'onde pour la variable collective $\bar{R}$, nous prenons la moyenne de $H = H_1(\bar{x}_i) + H_2(\bar{y}_j) + T(\bar{R}) + V_{cb} + \sum_{i,j} W_{ij}$ pour un état « interne » des deux noyaux séparés. En toute généralité la fonction d'onde interne s'écrit : $\Phi = \sum_{\lambda} a_{\lambda} \Phi_{1\lambda}(\bar{x}_i) \Phi_{2\lambda}(\bar{y}_j)$; nous nous limiterons ici au premier terme $\Phi_{10}\Phi_{20}$ décrivant les états fondamentaux. Cette approximation est valable dans la mesure où les deux noyaux conservent effectivement leur individualité.

Dans l'hamiltonien collectif

$$(oo \mid H \mid oo) = E_{10} + E_{20} + T(\bar{R}) + (oo \mid V_{cb} \mid oo) + \sum_{i,j} (oo \mid W_{ij} \mid oo)$$

nous transformons le dernier terme en utilisant les facteurs de forme nucléaires [3]; cette méthode présente une analogie avec celle parfois

suivie pour la recherche de l'énergie de résonance dipolaire à l'aide d'un potentiel nucléaire sans échange ([4]). Nous avons

$$W(\bar{R}) = \sum_{i,j} (oo \mid W_{ij} \mid oo)$$
$$= \int d\bar{k}\, e^{i\bar{k}.\bar{R}} \left(oo \left| \sum_{i,j} w_{ij}(\bar{k}) e^{i\bar{k}.(\bar{y}_j - \bar{x}_i)} \right| oo \right) = \int d\bar{k}\, e^{i\bar{k}.\bar{R}}\, w(\bar{k}) F_1(\bar{k}) F_2^*(\bar{k}),$$

où

$$w_{ij}(\bar{k}) = \int d\bar{k}\, e^{-i\bar{k}.(\bar{y}_j + \bar{R} - \bar{x}_i)} W_{ij}$$

a été finalement pris indépendant de i et j en vertu de l'indépendance de charge des forces nucléaires.

Afin de pouvoir étudier les propriétés de l'hamiltonien collectif

$$E_0 + T(\bar{R}) + (oo \mid V_{cb} \mid oo) + W(\bar{R})$$

nous particularisons les différents termes de la manière suivante :

a. $(oo \mid V_{cb} \mid oo)$ est approché par $Z_1 Z_2 e^2/R$;

b. $w(\bar{k}) = -V(\pi/\alpha)^{3/2} e^{-(k^2/4\alpha)}$, ce qui revient à prendre une interaction gaussienne;

c. $F_i(\bar{k}) = \exp(-1/4 [a_i^2 (k_x^2 + k_y^2) + b_i^2 k_z^2])$ correspondant à une distribution gaussienne $(a_i^{-2}(x^2 + y^2) + b_i^{-2} z^2)$.

L'énergie potentielle totale prend alors la forme

$$\mathcal{V} = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{R} - V \frac{(2\pi\alpha)^3}{[\alpha^2 + a_1^2 + a_2^2][\alpha^2 + b_1^2 + b_2^2]^{\frac{1}{2}}} e^{-\left[\frac{X^2+Y^2}{\alpha^2+a_1^2+a_2^2} + \frac{Z^2}{\alpha^2+b_1^2+b_2^2}\right]},$$

où

$$R \equiv R(X, Y, Z).$$

L'examen des ordres de grandeur des paramètres α, a et b indique que le premier est plus petit que les autres; nous supposerons qu'une interaction de contact ne modifiera donc que légèrement les résultats. En posant $V = V_0 (\pi\alpha_0^2 \varepsilon)^{-(3/2)}$, $\alpha = \alpha_0 \varepsilon^{1/2}$ et en passant à la limite ε tendant vers zéro, l'énergie potentielle totale se réduit à

$$\mathcal{V} = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{R} - \frac{V_0 (4\pi)^{\frac{3}{2}}}{(a_1^2 + a_2^2)(b_1^2 + b_2^2)^{\frac{1}{2}}} e^{-\left[\frac{X^2+Y^2}{a_1^2+a_2^2} + \frac{Z^2}{b_1^2+b_2^2}\right]}.$$

Le cas de deux noyaux identiques entraîne $Z_1 = Z_2 = Z$, $a_1 = a_2 = a$, $b_1 = b_2 = b$, et

$$\mathcal{V} = \frac{Z^2 e^2}{R} - W_0\, e^{-\left(\frac{X^2+Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2}\right)},$$

où W_0 est indépendant de la déformation.

Le long de l'axe de révolution, le potentiel est décrit par $\mathcal{V}(X = Y = 0, Z)$. La condition pour que l'attraction d'origine nucléaire conduise à la formation d'un puits est donnée par

$$\frac{Z^2 e^2}{2 W_0 b} < \frac{1}{4}$$

ou encore par

$$\frac{Z^2 A^{\frac{2}{3}}}{\lambda^2} < 750.$$

où nous avons posé

$$V = 5\,\text{MeV}, \quad \alpha_0^2 = 5.10^{-26}\,\text{cm}^2, \quad a = \lambda^{-1} A^{\frac{1}{3}} r_0, \quad b = \lambda^2 A^{\frac{1}{3}} r_0, \quad r_0 = 1,2.10^{-13}\,\text{cm}.$$

Lorsque cette inégalité est satisfaite le potentiel présente un minimum (le puits attractif) et un maximum (la nouvelle barrière coulombienne) qui se déplacent en fonction de la déformation de la distribution des noyaux; une déformation allongée est favorable à la formation d'un puits et à l'abaissement de la barrière coulombienne. Nos conclusions rejoignent donc celles de Vogt et McManus et diffèrent de celles d'Inglis ([5]).

Il y a lieu de remarquer que les valeurs que nous avons adoptées pour V et α_0 sont empruntées à des travaux relatifs aux noyaux moyens et lourds; de toutes manières une interaction de contact est peu réaliste dans le cas des noyaux légers. L'intérêt de l'inégalité (1) résiderait plutôt dans le terme $Z^2 A^{2/3} \lambda^{-2}$ que dans la valeur numérique que nous avons écrite pour fixer un ordre de grandeur.

(*) Séance du 29 mai 1961.

([1]) Bromley, Kuehner et Almqvist, *Phys. Rev. Lett.*, 4, 1960, p. 365; Almqvist, Bromley et Kuehner, *Phys. Rev. Lett.*, 4, 1960, p. 515.

([2]) E. Vogt et H. Mc Manus, *Phys. Rev. Lett.*, 4, 1960, p. 518.

([3]) R. Hofstadter, *Rev. Mod. Phys.*, 28, 1956, p. 214.

([4]) M. Fabre de la Ripelle, *J. Phys. Rad.*, 21, 1960, p. 302; G. Monsonego, *J. Phys. Rad.*, 21, 1960, p. 765.

([5]) D. R. Inglis, *Proc. Intern. Conf. Nucl. Structure*, D. A. Bromley et E. W. Vogt, Toronto, 1960, p. 268.

THERMODYNAMIQUE. — *La détente d'un gaz comprimé dans un réservoir.* Note (*) de MM. **Jean-Claude Bellet** et **Numa Manson**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans certaines applications des gaz comprimés on est amené à évaluer les valeurs moyennes de la pression p, de la température T et du volume spécifique v à l'intérieur du réservoir en cours de vidange assez rapide. Cette évaluation est généralement effectuée en supposant que le gaz subit soit une détente isentropique, soit une détente polytropique : $Tp^{-n} = \text{Cte}$ avec $n = \text{Cte}$ ([1]), ([2]), mais à notre connaissance les conditions dans lesquelles chacune de ces hypothèses est valable sont encore assez mal connues.

Les expériences dont nous décrivons ici la technique et résumons certains résultats avaient pour but la détermination des variations de p, de T, de v et de la quantité de chaleur échangée pendant la détente (à partir de pressions initiales p_0 de 48 à 150 atm) de l'air sec contenu dans des réservoirs se vidant à débit constant (25 à 250 m³/h).

Le montage expérimental utilisé comportait des bouteilles en alliage léger (diamètre intérieur, 191 mm; longueur, 875 à 1570 mm suivant la capacité, V = 20, 30 et 40 l) placés horizontalement sur une balance MDG à levier optique. Les enregistrements effectués à l'aide d'un suiveur de spot (SEFRAM) permettaient de connaître à tout instant le poids P du gaz contenu dans le réservoir et par conséquent de déterminer le débit et le volume spécifique v, respectivement à ± 2; 3 et 1 % près. Deux détendeurs SAF (H. P. superior AS et BP à capacité gazeuse) montés en série détendaient le flux sortant du réservoir en deux étapes et permettaient d'obtenir pour $p/p_0 > 0{,}25 - 0{,}5$, un débit constant à mieux que ± 5 % près.

La pression (20 à 150 atm) de l'air dans les bouteilles était relevée au moyen d'un capteur à jauges de contrainte (Saint-Chamond - Granat) et d'un enregistreur E (Beaudoin AO 300) équipé d'un galvanomètre (Sefram E 32) et était connue en moyenne à ± 1 atm près (par exemple à 10 % pour $p = 20$ atm et 0,3 % à $p = 150$ atm).

Une température moyenne T_m était mesurée avec un thermomètre à résistance en fil de platine de 0,1 mm de diamètre et 5 m de long, tendu à l'intérieur de la bouteille entre quatre tiges flexibles (dont les extrémités touchaient les parois latérales) et une bague isolée coulissant sur un support axial muni d'un ressort spiral. Ce système permettait d'introduire le thermomètre dans les bouteilles à travers un orifice spécial aménagé dans le fond opposé à l'ogive, et de le déployer ensuite de façon que les quatre branches de fil de platine soient réparties suivant quatre génératrices d'un tronc de cône (diamètre de la grande base : 190 mm; diamètre de la petite base : 15 mm). Les deux extrémités du fil de platine sortaient de la bouteille à travers un bouchon isolant et étaient reliées à un pont de

Wheatstone dont le récepteur était un galvanomètre (Sefram E 324) de l'enregistreur E. Compte tenu de l'étalonnage de l'ensemble (effectué en admettant, entre — 50 et + 20°C, une variation linéaire de la résistivité du platine avec la température), les valeurs mesurées des variations de T_m pouvaient être considérées comme exactes de $\pm 0,5$ à ± 2°C près.

En outre, nous avons enregistré (également à environ $\pm 0,5$ à ± 2°C près) à l'aide de cinq thermocouples BTE-CTE (en fil de 0,2 mm de diamètre) les variations de la température en quatre points entre la paroi et l'axe de la bouteille (à 42,5-59 cm du fond) et celles T_i en un point sur l'axe, à 40 mm du robinet de sortie à l'intérieur de la bouteille. Ces enregistrements nous ont permis de suivre l'évolution du gradient transversal de la température et la variation de la température T_i qui détermine pratiquement les conditions génératrices de l'écoulement aval.

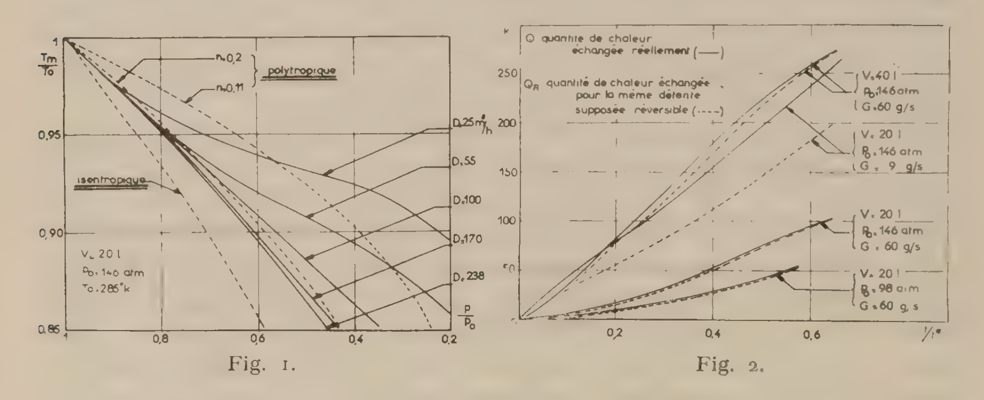


Fig. 1. Fig. 2.

Les résultats des expériences comme celles effectuées avec la bouteille de 20 l pour $p_0 = 146$ atm et $T_0 = 285 \pm 3$°K, et résumées ici sur la figure 1, permettent de comparer la variation en fonction de p/p_0, de T_m/T_0 observée avec T/T_0 calculée dans l'hypothèse d'une évolution polytropique avec $n = 0,11$ [1] d'une part et $n = 0,2$ [2] d'autre part. Comme on peut s'en rendre compte, les évolutions réelles ne peuvent être représentées par des polytropiques qu'aux forts débits. Ainsi en adoptant $n = 0,22$ nous avons pu obtenir pour $20 \leq V \leq 40$ l une représentation satisfaisante (à $\pm 0,1$ % près) de la variation de T_m/T_0 en fonction de $p/p_0 > 0,5$, pour des débits $G \geq 60$ g/s (170 m³/h). En outre, nous avons constaté que pendant la vidange $T_m - T_i$ augmente (de 0 à environ 5°C) mais la variation du rapport T_i/T_0 en fonction de p/p_0 est semblable à celle de T_m/T_0 et peut être représentée avec la même approximation et dans les mêmes conditions par $T_i p^{-n_i} = \text{Cte}$ avec $n_i = 0,25$.

La quantité de chaleur Q reçue par l'air entre le début de la détente et l'instant t a été calculée par la relation

$$Q = NE - N_0E_0 + \frac{G}{M}\int_0^t H\,dt$$

qui exprime (N étant le nombre de moles d'air dans le réservoir à l'instant t, M son poids molaire, E son énergie et H son enthalpie molaires) qu'à l'instant t la somme de l'énergie initiale du gaz N_0E_0 et de Q est égale à la somme de l'énergie NE du gaz restant et de l'enthalpie du gaz ayant quitté la bouteille. Les valeurs de $E = H - pv$ ont été relevées sur un diagramme TS de l'air ([3]) sur lequel nous avons représenté, d'après nos enregistrements de p et T_m la suite des états ([4]); N a été déterminé par $N = P/M$ et l'intégrale $\int_0^t H\,dt$ par planimétrage.

Avec les mêmes données nous avons également calculé la quantité de chaleur $q_R = \int T\,dS$ qu'aurait reçu une mole de gaz si la détente était réversible et en avons déduit la quantité de chaleur totale

$$Q_R = \int_0^t NT\,dS = Nq_R + \int_0^t q_R\,dt$$

que le gaz aurait reçu dans ces conditions.

Les valeurs de Q et de Q_R représentées sur la figure 2, en fonction du temps t (rapporté au temps théorique de la vidange : $t^\star = N_0M/G$) et pour diverses conditions expérimentales, précisent l'importance des échanges de chaleur et justifient, compte tenu de la précision des mesures et des calculs, l'hypothèse généralement admise selon laquelle les irréversibilités (mesurées ici par $Q - Q_R$) sont d'autant plus faibles que la détente est rapide.

(*) Séance du 29 mai 1961.

([1]) H. S. SEIFERT, *Amer. J. Phys.*, 15, n° 2, 1947, p. 136.

([2]) P. LARUE, *Rech. Aéron.*, 54, 1956, p. 17.

([3]) F. DIN, *Thermodynamic Functions of Gases*, Butterworths, Londres, 1956.

([4]) Étant donnée la précision avec laquelle ont été faites les mesures, les trois couples de valeurs T, p; v, T; p, v conduisent dans le plan TS à trois courbes différentes. Parmi celles-ci la courbe obtenue avec le couple p, v est la moins bien définie, les isobares et les isochores se coupant sous un angle faible.

(*Laboratoire de Thermodynamique de l'Université de Poitiers.*)

MAGNÉTISME. — *L'interaction entre ions magnétiques et électrons de conduction dans les terres rares.* Note (*) de M. **Joseph Seiden**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un travail précédent ([1]), nous avons exposé une théorie des anomalies de résistivité électrique de certaines terres rares (Tm, Er, Ho, Dy, Tb, Gd). Nous nous proposons ici de comparer les résultats expérimentaux à ceux fournis par la théorie dans la région paramagnétique et d'obtenir ainsi l'ordre de grandeur de l'intensité et de la portée de l'interaction entre ions magnétiques et électrons de conduction dans les terres rares envisagées.

1. Nous admettons qu'en première approximation l'interaction V entre un ion magnétique et un électron de conduction est de la forme ([2]) $V = (g-1)\,G(r)\,\vec{J}.\vec{s}$. $\vec{J}$ est le moment cinétique total de l'ion, g son facteur de Landé, $\vec{s}$ est le spin de l'électron de conduction, r la distance entre l'ion et l'électron. $G(r)$ est une fonction qu'il s'agit de déterminer. En présence de V, les moments ioniques, s'ils ne sont pas tous alignés, diffusent les électrons de conduction. Nous avons évalué dans I la résistivité ρ_0 qui résulte de cette diffusion dans l'état paramagnétique

$$(1)\qquad \rho_0 = \frac{4\pi n\hbar}{Ne^2k(2J+1)}\left[\frac{J^2(J+1)\eta^2v^2}{4|1-Jv\varepsilon|^2+\eta^2v^2J^2}+\frac{J(J+1)^2\eta^2v^2}{4|1+(J+1)v\varepsilon|^2+\eta^2v^2(J+1)^2}\right];$$

$$(2)\qquad \eta = -\frac{2m^*k}{\hbar^2}\int_0^\infty\left(\frac{\sin kr}{kr}\right)^2 G(r)\,r^2\,dr,\qquad v=g-1;$$

$$(3)\qquad \varepsilon = \frac{1}{2}\left(\frac{2m^*k}{\hbar^2}\right)^2\frac{1}{\eta}\int_0^\infty r^2\,dr\int_0^\infty r'^2\,dr'\,\frac{\sin kr}{kr}\,G(r)\,\frac{\sin kr_<}{kr_<}\,\frac{\cos kr_>}{kr_>}\,G(r')\,\frac{\sin kr'}{kr'}.$$

Tableau I.

Ion.	État fondamental.	$v = g - 1$.
Tm^{+++}	$^3H_6$	0,166
Er^{+++}	$^4I_{\frac{15}{2}}$	0,2
Ho^{+++}	$^5I_8$	0,25
Dy^{+++}	$^6H_{\frac{15}{2}}$	0,33
Tb^{+++}	$^7F_6$	0,5
Gd^{+++}	$^8S_{\frac{7}{2}}$	1

N/n est le nombre d'électrons de conduction par ion magnétique, $r_<$ et $r_>$ sont respectivement la plus petite et la plus grande des longueurs r et r'.

2. Pour déduire (1), nous avons supposé que la diffusion est isotrope, qu'il n'existe qu'une seule bande de conduction, que les électrons s'y déplacent avec une masse effective m^* et qu'on peut négliger les transitions de cette bande de conduction vers les états $4f$. k est le vecteur d'onde au niveau de Fermi. Le tableau I donne l'état fondamental des ions magné-

tiques trivalents ainsi que les facteurs de Landé, déterminés par application de la règle de Hund.

Il est impossible, à l'aide de (1), de rendre compte des résultats expérimentaux en supposant que $N/n = 3$. Avec $N/n = 3$, (1) fournit en effet pour Gd une résistivité ρ_0 beaucoup trop faible. On serait donc obligé d'invoquer une contribution importante à ρ_0 provenant d'une diffusion anisotrope. Mais une telle contribution est exclue car : s'il s'agissait d'une résonance de diffusion d'une onde partielle $l \neq 0$, la courbe ρ (T) pour Gd ne pourrait pas présenter une décroissance monotone lorsque la température T décroît en dessous de la température de Curie T_c puisque les résonances $l \neq 0$ sont étroites et qu'on passerait par des résonances de l'onde $l = 0$; de même, la courbe $\rho_0 (g - 1, J)$ ne pourrait croître de façon monotone en fonction de $\varphi^2 J (J + 1)$; s'il s'agissait au contraire d'une simple diffusion « potentielle », il faudrait que la portée r_0 de l'interaction V, certainement écrantée par les électrons des couches $5s$ et $5p$ et les autres électrons de conduction, soit invraisemblablement grande ($r_0 > 1,3$ Å). En fait, il n'est possible de faire concorder (1) avec l'expérience qu'à condition que $N/n \leq 2$. Ce résultat est confirmé expérimentalement par des mesures d'effet Hall [3] qui ont montré que le nombre effectif de porteurs de charge négative dans les métaux envisagés ici est, dans l'état paramagnétique, voisin de deux. Il résulte de cette discussion que notre modèle (à une seule bande de conduction et masse effective m^*) n'est qu'une première approximation. Il y a sans doute plusieurs bandes de conduction, dans lesquelles le courant est dû à des électrons et à des trous.

TABLEAU II.

	$(\rho_0)_{exp\,58}$ (μΩ-cm).	$(\rho_0)_{exp\,60}$ (μΩ-cm).	ρ_0 (μΩ-cm).	ρ_B (μΩ-cm).
Tm	10,2	14,9	10,3	10,8
Er	25,4	23,6	23,6	23,6
Ho	39	32,3	42	42
Dy	74	58	64	66
Tb	88	86	85	99
Gd	115	106	104	151

3. Le tableau II présente une comparaison entre les valeurs expérimentales $(\rho_0)_{exp}$, les valeurs théoriques ρ_0 tirées de (1) et les valeurs ρ_B calculées à l'aide de l'approximation de Born. La première colonne contient les résultats de 1958 [4], la seconde colonne ceux obtenus en 1960 [5] avec des échantillons meilleurs. Toutes ces mesures ont été effectuées sur des polycristaux. ρ_0 a été calculé avec $N/n = 2$, $\eta^2 = 0,2$, $\varepsilon = 0,23$, de manière à obtenir le meilleur accord possible avec $(\rho_0)_{exp\,60}$. Nous avons supposé que pour les six métaux envisagés, G (r), m^* et N/n sont identiques, hypothèse rendue plausible par le fait que ces six métaux cristallisent tous dans le système hexagonal compact avec des constantes cristallographiques très voisines et qu'ils ne diffèrent que par le nombre de leurs électrons $4f$.

On voit en comparant ρ_0 et $(\rho_0)_{\exp 60}$ que cette hypothèse est assez bien vérifiée sauf pour Tm. Il importe de noter qu'à chaque valeur de N/n correspond une valeur optimale unique pour ε et pour η, soit $\varepsilon(N/n)$ et $\eta(N/n)$ et que pourvu que $N/n \leq 2$, $\rho_0[N/n, \varepsilon(N/n), \eta(N/n)]$ est approximativement indépendant de N/n : l'accord de ρ_0 avec $(\rho_0)_{\exp 60}$ demeure donc assez bon quelle que soit la valeur, inférieure à deux, choisie pour N/n.

4. A l'aide de (2) et (3), on peut obtenir des indications sur l'intensité et la portée r_0 de $G(r)$ en prenant $G(r) = G$ pour $r < r_0$ et $G(r) = 0$ pour $r > r_0$. On a alors pour $kr_0 < 1$.

$$\frac{\varepsilon}{\eta} = \frac{3}{5kr_0}\,\frac{1 - 0{,}62k^2r_0^2}{1 - 0{,}4\,k^2r_0^2}, \qquad \eta = -\frac{2m^*k}{\hbar^2}\,\frac{Gr_0^3}{3}\left[1 - \frac{k^2r_0^2}{5}\right].$$

Avec $k \simeq 1{,}5\,.\,10^8\,\text{cm}^{-1}$ et $N/n = 2$, il vient $r_0 \simeq 0{,}6$ Å, $G \simeq -16(m/m^*)$ eV, m étant la masse de l'électron libre. Vu la grossièreté des approximations de notre théorie, ces valeurs ne constituent que des ordres de grandeur. On voit que G est assez grand : il en résultera un élargissement important des raies de résonance ferromagnétique.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) J. Seiden, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1922, en abrégé I.

(2) Des mesures récentes effectuées sur des monocristaux de Dy et Er ont révélé d'importantes anisotropies de résistivité dans la région paramagnétique. Le couplage isotrope V adopté ici ne pourra sans doute pas rendre compte de ces anisotropies.

(3) C. Kevane, S. Legvold et F. Spedding, *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 1372.

(4) G. Anderson et S. Legvold, *Phys. Rev. Lett.*, 1, 1958, p. 322.

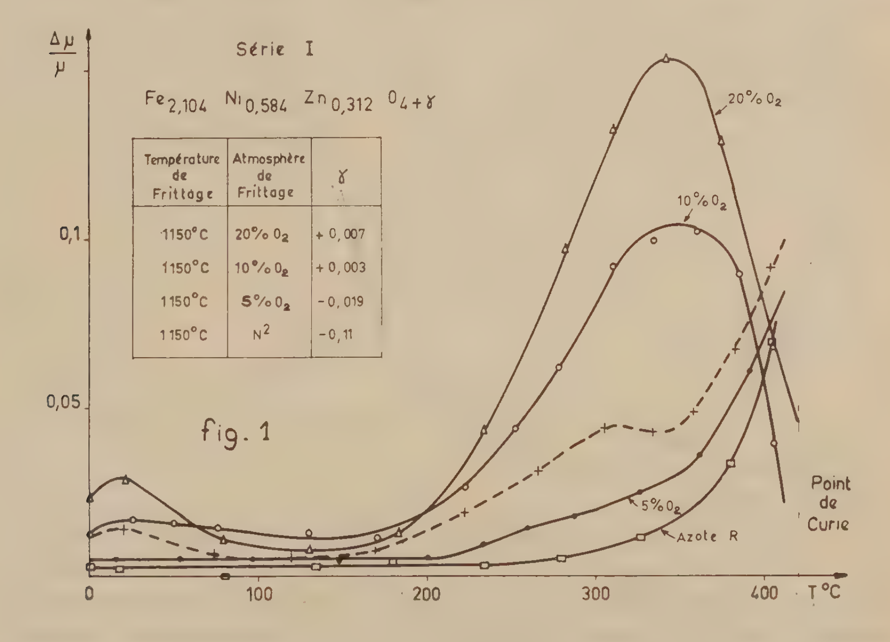
(5) R. Colvin, S. Legvold et F. Spedding, *Phys. Rev.*, 120, 1960, p. 741.

(*Laboratoire d'Électronique*, B. P. nº 9, *Fontenay-aux-Roses*, *Seine*.)

MAGNÉTISME. — *Quelques résultats expérimentaux dans les phénomènes de relaxation de ferrites de* Ni-Zn. Note (*) de M. **André Marais**, et Mlle **Thérèse Merceron**, transmise par M. Louis Néel.

Dans une précédente publication ([1]), nous avons mis en évidence dans des ferrites de Ni-Zn riches en fer, deux phénomènes de relaxation situés, l'un à l'ambiante, l'autre à plus haute température.

Au moyen de la désaccommodation de la perméabilité initiale, nous avons étudié ces deux phénomènes sur trois séries de ferrites de Ni-Zn, à teneur en fer différentes, le rapport moléculaire initial $K = Fe_2O_3/MO$ ($M = Ni + Zn$, Ni constant) prenant les valeurs : 1,17, 1,27 et 1,32.

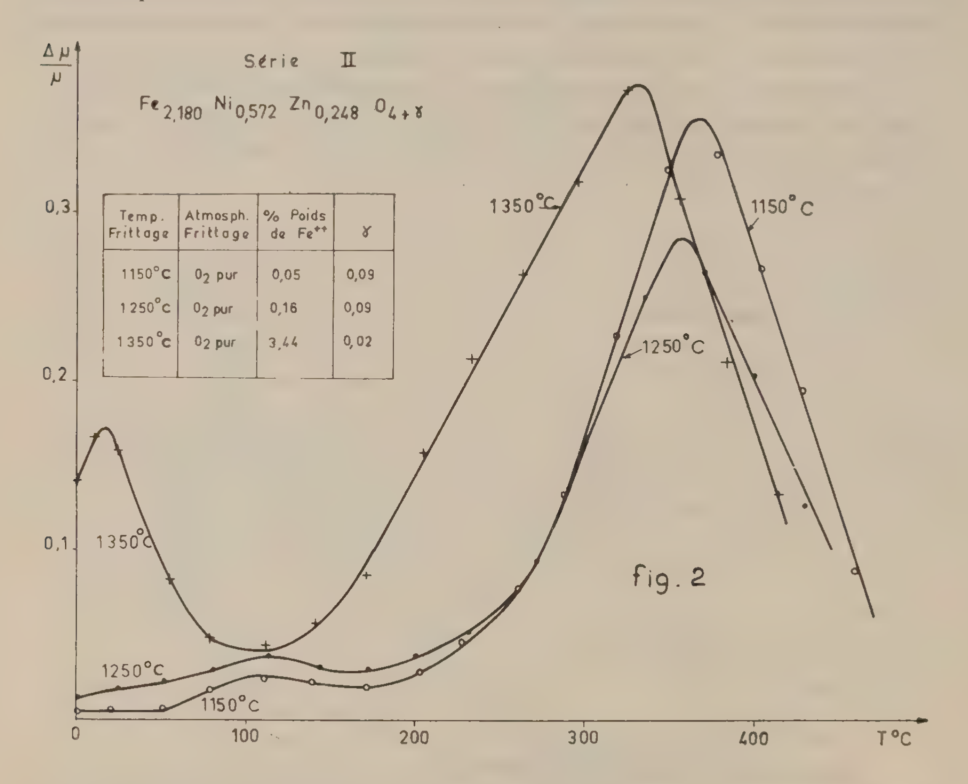


Les compositions finales, de formule générale $(Ni, Zn, Fe)_3O_4 + \gamma$ sont connues, grâce au dosage du Fe^{2+}, qui permet de calculer γ.

La série ($K = 1,17$) comprend quatre tores frittés à 1150°C dans des atmosphères à pression d'oxygène variable; la série II ($K = 1,32$), trois tores frittés dans l'oxygène pur à différentes températures; la série III ($K = 1,27$) est spéciale, il s'agit du même échantillon qui, après un frittage normal (1200°C, O^2 pur), a subi d'abord un recuit en atmosphère à action réductrice (N_2), puis un autre en atmosphère légèrement oxydante.

Les résultats des mesures de désaccommodation des trois séries [conditions précisées dans ([1])] sont représentés respectivement sur les figures 1, 2 et 3.

La figure 1 met en évidence un changement brusque dans la forme des courbes de $\Delta\mu/\mu$ en fonction de T, si γ devient < 0, c'est-à-dire si le tore ne possède plus de lacunes. Pour $\gamma > 0$, le maximum de $\Delta\mu/\mu$ a lieu à 350°C. Pour $\gamma < 0$, ce maximum serait décalé assez fortement vers de plus hautes températures, mais n'est pas observable à cause du point de Curie. S'agit-il du même phénomène décalé en température, ou se trouve-t-on en présence de deux phénomènes différents ? L'étude d'un échantillon fritté dans une



atmosphère intermédiaire entre 5 et 10 % d'O_2 (*fig.* 1, courbe pointillée), nous fera retenir la seconde hypothèse. Enfin le phénomène à l'ambiante disparaît lorsque $\gamma < 0$.

En présence de lacunes, les deux phénomènes de relaxation étudiés (série II, *fig.* 2) sont influencés par des teneurs en Fe^{2+} différentes. Même pour une concentration de Fe^{2+} très faible, le phénomène à haute température existe tandis que la relaxation à l'ambiante n'a pas lieu. Le maximum de $\Delta\mu/\mu$ à haute température est décalé lorsque la teneur en Fe^{2+} croît. De plus, l'existence d'un phénomène de relaxation, d'amplitude maximale faible, qui se situe vers 110°C, est aisément observable sur les échantillons frittés à 1150 et 1250°C.

Série III : le recuit de l'échantillon initial dans l'azote, pendant 4 h, provoque une réduction du Fe^{3+} en excès et la disparition des lacunes.

Le phénomène à l'ambiante n'existe plus, celui à haute température se produit à 390°C (à ∼ 300°C initialement). Il semble, comme dans la série I, qu'on se trouve en présence d'un nouveau phénomène qui serait provoqué par la diffusion des ions sans l'intermédiaire des lacunes. Cette hypothèse paraît confirmée par les mesures de désaccommodation faites sur ce même échantillon, faiblement réoxydé par un recuit de 4 h, dans une atmosphère d'azote avec 5 % d'oxygène.

La courbe de $\Delta\mu/\mu$ en fonction de T (courbe C) se présente comme étant la somme de deux phénomènes de relaxation avec et sans lacunes, dus à l'hétérogénéité de l'échantillon. Sur la courbe C, on voit réapparaître le phénomène à l'ambiante en rapport avec la réapparition de lacunes dans le tore, ce qui confirme les résultats obtenus dans la série I.

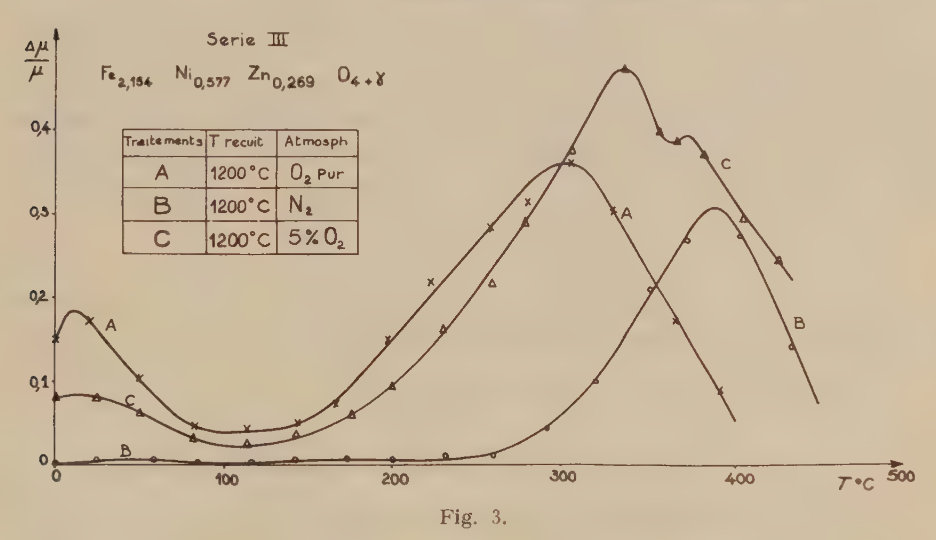


Fig. 3.

L'étude de ces trois séries de ferrites a permis de montrer que la présence simultanée de fer ferreux et de lacunes est nécessaire pour obtenir un phénomène de relaxation à l'ambiante.

A plus haute température, la diffusion des ions avec et sans l'intermédiaire des lacunes donne lieu, semble-t-il, à deux phénomènes de relaxation. La diffusion sans lacunes demandant une énergie plus grande se produit à une température supérieure.

(*) Séance du 24 mai 1961.

(1) A. Marais et Th. Merceron, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 251.

(*Laboratoire de Magnétisme et de Physique du Solide, Bellevue, Seine-et-Oise.*)

PHYSIQUE DES PLASMAS. — *Les corrections de température dans l'expression du tenseur de conductivité d'un plasma plongé dans un champ magnétique constant.* Note (*) de M. **Daniel Quemada**, présentée par M. Francis Perrin.

L'hypothèse d'une pression anisotrope conduit, en prenant une condition adiabatique plus générale $\left(\vec{\nabla}.\overleftrightarrow{Q} = 0\right)$ à une expression du tenseur de conductivité qui tient compte des effets de température. Cette expression est en excellent accord avec celles obtenues récemment par différents auteurs.

Nous avons signalé, dans une Note précédente [1], le désaccord existant, du point de vue des effets de la température sur la conductivité d'un plasma entre nos résultats et ceux d'autres auteurs [2], [3], [4], [5].

Seule, l'hypothèse concernant le caractère scalaire de la pression peut être mise en doute : tous nos résultats, dans le cas des plasmas froids, concordent parfaitement avec tous ceux des autres auteurs. Nous avons donc repris le calcul du tenseur de conductivité à l'aide des équations macroscopiques, mais en gardant à la pression son caractère tensoriel le plus général [[6], p. 93] :

$$\overleftrightarrow{\Psi}_e = m_e \int \left(\overrightarrow{w_e - v_e}\right)\left(\overrightarrow{w_e - v_e}\right) f \, \underline{dw}_e.$$

Le système des équations macroscopiques s'écrit [6], pour les électrons et quand on néglige les chocs et les effets de gravité

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} + \vec{\nabla}.n_e\vec{v}_e = 0, \tag{1}$$

$$n_e m_e\left(\frac{\partial}{\partial t} + \vec{v}_e.\vec{\nabla}\right)\vec{v}_e = n_e q_e\left(\vec{E} + \vec{v}_e \wedge \vec{B}_0\right) - \vec{\nabla}.\overleftrightarrow{\Psi}_e, \tag{2}$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + \vec{v}_e.\vec{\nabla} + \vec{\nabla}.\vec{v}_e\right)\overleftrightarrow{\Psi}_e + \overleftrightarrow{\nabla v_e}.\overleftrightarrow{\Psi}_e + \left(\overleftrightarrow{\nabla v_e}.\overleftrightarrow{\Psi}_e\right)^{T} + \vec{\nabla}.\overleftrightarrow{Q}_e = \overleftrightarrow{\Pi}_e. \tag{3}$$

Ce système est « fermé » par la condition (a) : $\vec{\nabla}.\overleftrightarrow{Q}_e = 0$, qui exprime que le flux de chaleur est nul.

Pour linéariser ce système, on suppose que le tenseur $\overleftrightarrow{\Psi}_{e0}$ à l'équilibre est isotrope, et identique à la pression scalaire $p_{e0} = n_e \mathrm{KT}_e$ utilisée dans la Note précédente. La perturbation introduite par l'onde se traduit par une perturbation de pression $\overleftrightarrow{P}_e$ qu'on supposera être un tenseur du premier ordre $\overleftrightarrow{\Psi}_e = p_e + \overleftrightarrow{P}_e$.

En posant $V_e^2 = \mathrm{KT}_e/m_e$ et $\overleftrightarrow{\psi} = (q_e/m_e)\overleftrightarrow{P}_e$, et en introduisant les vecteurs $\vec{\psi}_j$ de composantes $(\psi_{xj}, \psi_{yj}, \psi_{zj})$, les équations (1), (2), (3), linéarisées, conduisent aux relations [mêmes notations que pour la première Note; $\vec{B}_0\,(0, B_T, B_L)$ et $\vec{k}\,(0, 0, k)$] :

$$\Lambda_{e0}\vec{J}_e - \frac{k}{\omega}\vec{\psi}_z = \sigma_0\vec{E}, \quad \ldots, \quad \text{c'est-à-dire, avec} \quad \vec{\psi}_j = \sigma_0\overleftrightarrow{S}_j\vec{E}, \qquad \Lambda_{e0}\overleftrightarrow{\sigma}_e = \sigma_0\left(I - \frac{k}{\omega}\overleftrightarrow{S}_z\right)$$

soit

$$(4)\qquad \overleftrightarrow{\sigma}_e=\sigma_e^{(0)}\left(\mathrm{I}-\frac{k}{\omega}\overleftrightarrow{\mathrm{S}}_z\right),\qquad \sigma_e^{(0)}=\sigma_0\mathrm{A}_{e0}^{-1};$$

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned}
&\mathrm{A}_{e0}\overleftrightarrow{\mathrm{S}}_x-jl\overleftrightarrow{\mathrm{S}}_y+jt\overleftrightarrow{\mathrm{S}}_z=\frac{k}{\omega}\mathrm{V}_e^2\,a\,\frac{\overleftrightarrow{\sigma}_e}{\sigma_0},\\
&jl\overleftrightarrow{\mathrm{S}}_x+\mathrm{A}_{e0}\overleftrightarrow{\mathrm{S}}_y=\frac{k}{\omega}\mathrm{V}_e^2\,b\,\frac{\overleftrightarrow{\sigma}_e}{\sigma_0},\\
&-jt\overleftrightarrow{\mathrm{S}}_x+\mathrm{A}_{e0}\overleftrightarrow{\mathrm{S}}_z=\frac{k}{\omega}\mathrm{V}_e^2\,c\,\frac{\overleftrightarrow{\sigma}_e}{\sigma_0};\\
&a=\begin{pmatrix}0&0&1\\0&0&0\\1&0&0\end{pmatrix},\qquad b=\begin{pmatrix}0&0&0\\0&0&1\\0&1&0\end{pmatrix},\qquad c=\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&3\end{pmatrix}.
\end{aligned}\right.$$

Même en se limitant au premier ordre en $\theta=(k^2/\omega^2)\mathrm{V}_e^2$, ce qui permet de négliger les $\overleftrightarrow{\mathrm{S}}_z$ qui, d'après (4), figurent aux seconds membres de (5), la résolution de ce système est longue et fastidieuse. Seuls les cas particuliers $k_\perp=0$ et $k_\parallel=0$ conduisent à des calculs très simples :

— *propagation longitudinale* $(k_\perp=0)$:

$$\sigma_l=\begin{pmatrix}\sigma_\perp&\sigma_\mathrm{H}&0\\-\sigma_\mathrm{H}&\sigma_\perp&0\\0&0&\sigma_\parallel\end{pmatrix},\qquad \text{où}\quad \left\{\begin{aligned}
&\sigma_\perp=\sigma_0\,\mathrm{D}_l^{-1}(1-l^2-\theta),\\
&\sigma_\mathrm{H}=jl\sigma_0\,\mathrm{D}_l^{-1}(1-l^2+\theta),\\
&\sigma_\parallel=\sigma_0(1-3\theta)^{-1};
\end{aligned}\right.$$

avec

$$\mathrm{D}_l=[(1-l)^2-\theta][(1+l)^2-\theta],\qquad \theta=\frac{k^2}{\omega^2}\mathrm{V}_e^2=\frac{k^2}{\omega^2}\frac{\mathrm{KT}_e}{m_e};$$

— *propagation transversale* $(k_\parallel=0)$:

$$\sigma_t=\begin{pmatrix}\sigma_1&0&-\sigma_2\\0&\sigma_p&0\\\sigma_2&0&\sigma_3\end{pmatrix},\qquad \text{où}\quad \left\{\begin{aligned}
&\sigma_1=\sigma_0\,\mathrm{D}_t^{-1}\left(1-\frac{3-8t^2}{1-4t^2}\theta\right),\\
&\sigma_2=jt\sigma_0\,\mathrm{D}_t^{-1}\left(1+\frac{2\theta}{1-4t^2}\right),\\
&\sigma_3=\sigma_0\,\mathrm{D}_t^{-1}\left(1-\frac{\theta}{1-4t^2}\right);\\
&\sigma_p=\sigma_0\left(1-\frac{\theta}{1-t^2}\right)^{-1};
\end{aligned}\right.$$

avec

$$\mathrm{D}_t=(1-t^2)\left[1-\frac{4\theta}{1-4t^2}+\frac{3\theta^2}{(1-t^2)(1-4t^2)}\right].$$

Ces expressions, développées au premier ordre en θ (et, pour σ_t, après un changement d'axes qui amène $\vec{\mathrm{B}}_0$ sur $\mathrm{O}z$ et $\vec{k}$ dans le plan $x\mathrm{O}z$) conduisent aux formules $[b=\omega_\mathrm{B}/\omega=-(q_e\mathrm{B}_0)/m_e]$:

$$\sigma_l\left\{\begin{aligned}
&\sigma_\perp=\frac{\sigma_0}{1-b^2}\left[1+\frac{1+3b^2}{(1-b^2)^2}\theta_\parallel\right],\\
&\sigma_\mathrm{H}=\frac{jb\sigma_0}{1-b^2}\left[1+\frac{3+b^2}{(1-b^2)^2}\theta_\parallel\right],\qquad \theta_\parallel=\frac{k_\parallel^2}{\omega^2}\mathrm{V}_e^2,\\
&\sigma_\parallel=\sigma_0[1+3\theta_\parallel];
\end{aligned}\right.$$

$$\sigma_t' = \begin{pmatrix} \sigma_3 & \sigma_2 & 0 \\ -\sigma_2 & \sigma_1 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_p \end{pmatrix}, \qquad \text{où} \quad \begin{cases} \sigma_3 = \dfrac{\sigma_0}{1-b^2}\left[1 + \dfrac{3\theta_\perp}{1-4b^2}\right], \\ \sigma_1 = \dfrac{\sigma_0}{1-b^2}\left[1 + \dfrac{1+8b^2}{1-4b^2}\theta_\perp\right], \\ \sigma_2 = \dfrac{jb\sigma_0}{1-b^2}\left[1 + \dfrac{6\theta_\perp}{1-4b^2}\right], \\ \sigma_p = \sigma_0\left[1 + \dfrac{\theta_\perp}{1-b^2}\right], \end{cases} \qquad \theta_\perp = \frac{k_\perp^2}{\omega^2} V_c^2.$$

Ces résultats sont identiques à ceux de A. Sitenko et K. Stepanov (2), P. Allis (4) et L. Mower (5), mais, en partie, différents de ceux de J. E. Drummond (3).

Ce traitement hydrodynamique repose essentiellement sur l'existence d'une pression anisotrope et sur la condition (*a*) : $\vec{\nabla}.\overleftrightarrow{Q} = 0$, qu'on peut considérer comme exprimant l'hypothèse d'adiabaticité. Les calculs cités en référence ont été obtenus, à partir de l'équation de Boltzmann, par des méthodes de perturbation, où ne figure, de façon explicite, aucune condition analogue à (*a*). Il est remarquable que ces deux traitements conduisent aux mêmes résultats, et peut-être est-ce là une confirmation de la validité de l'hypothèse $\vec{\nabla}.\overleftrightarrow{Q} = 0$.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) D. Quemada, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3027.
(2) A. Sitenko et K. Stepanov, *J. E. T. P.* 4, nº 4, 1957, p. 512-520.
(3) J. E. Drummond, *Phys. Rev.*, 110, nº 2, 1958, p. 293-306.
(4) P. Allis, Summer Session 1959, M. I. T., Cambridge, 1959.
(5) L. Mower, *Phys. Rev.*, 116, 1, 1959, p. 16-18.
(6) J.-L. Delcroix, *Introduction à la Théorie des gaz ionisés*. Dunod, Paris, 1959.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Un convertisseur statique mono-triphasé.* Note (*) de MM. **Max Teissie-Solier** et **Pierre Lalangue**, transmise par M. Charles Camichel.

Le compensateur de puissance fluctuante, appareil statique proposé par les auteurs (1) permet, à partir d'un réseau monophasé, d'alimenter un récepteur triphasé géométriquement équilibré, par trois tensions formant un système symétrique.

Considérons le schéma de la figure. Désignons par $\mathcal{M}$ la mutuelle inductance entre deux phases du primaire du compensateur, par $\mathcal{M}'$ la mutuelle inductance entre une phase du compensateur et l'enroulement secondaire, lorsque les axes de ces deux enroulements coïncident.

Si $p\theta$ représente le décalage électrique de l'axe du secondaire par rapport à la phase 1 du primaire, $2p$ désignant le nombre de pôles de cette machine, l'étude de l'alimentation du circuit triphasé par un système direct de tensions conduit à la condition

$$(1)\qquad \frac{3}{4} Z_1 \mathcal{M}'^2\omega^2 + (Z - j\mathcal{M}\omega)\left[(Z_1 + Z - j\mathcal{M}\omega)\left(Z' - \frac{j}{C\omega}\right) + \frac{3}{2}\mathcal{M}'^2\omega^2\right]$$
$$= -\frac{3}{4} Z_1 \mathcal{M}'^2\omega^2\left[\cos\left(2p\theta - \frac{\pi}{3}\right) - j\sin\left(2p\theta - \frac{\pi}{3}\right)\right].$$

Dans le cas fréquent, en pratique, où la résistance des enroulements du compensateur peut être négligée par rapport à leur réactance, la relation (I) s'écrit

$$(2)\qquad \frac{3}{4} Z_1 \mathcal{M}'^2\omega^2 - \mathcal{L}_1\omega\left(\mathcal{L}'\omega - \frac{1}{C\omega}\right)(Z_1 + j\mathcal{L}_1\omega) + j\frac{3}{2}\mathcal{L}_1\mathcal{M}'^2\omega^2$$
$$= -\frac{3}{4} Z_1 \mathcal{M}'^2\omega^2\left[\cos\left(2p\theta - \frac{\pi}{3}\right) - j\sin\left(2p\theta - \frac{\pi}{3}\right)\right].$$

Dans cette expression, $\mathcal{L}_1$ représente l'inductance cyclique primaire et $\mathcal{L}'$ l'inductance du secondaire du compensateur.

Lorsque le circuit à alimenter est constitué par des résistances $Z_1 = R_1$, l'équilibre est obtenu si les relations (3) et (4) sont satisfaites :

$$(3)\qquad \frac{3}{4} R_1 \mathcal{M}'^2\omega^2 - R_1\mathcal{L}_1\omega\left(\mathcal{L}'\omega - \frac{1}{C\omega}\right) = -\frac{3}{4} R_1 \mathcal{M}'^2\omega^2\cos\left(2p\theta - \frac{\pi}{3}\right);$$

$$(4)\qquad \frac{3}{2}\mathcal{L}_1\mathcal{M}'^2\omega^2 - \mathcal{L}_1\omega\left(\mathcal{L}'\omega - \frac{1}{C\omega}\right) = \frac{3}{4} R_1 \mathcal{M}'^2\omega^2\sin\left(2p\theta - \frac{\pi}{3}\right).$$

En posant $\mathrm{tg}\,\alpha = (\mathcal{L}_1\omega)/R_1$ on obtient pour $p\theta$ deux valeurs

$$(5)\qquad p\theta = \frac{\pi}{6} \qquad \text{et} \qquad p\theta = \frac{2\pi}{3} - \alpha.$$

Si à partir de $p\theta = \pi/6$ on recherche les valeurs de $1/C\omega$, puis celles des courants $I_1 I_2$ et I_3, on trouve que ces trois courants sont nuls. La solution $p\theta = \pi/6$ est à rejeter. Quant à la solution $p\theta = (2\pi/3) - \alpha$ elle conduit à

$$\frac{1}{C\omega} = \mathcal{L}'\omega - \frac{3}{2}\,\frac{\mathfrak{M}'^2 \mathcal{L}_1 \omega^3}{R_1^2 + \mathcal{L}_1^2 \omega^2}. \tag{6}$$

Remarquons que $1/C\omega$ est toujours positif; donc que l'alimentation du circuit, en tensions triphasées symétriques, ne pourrait être effectuée si le secondaire du compensateur débitait sur une réactance inductive. Par ailleurs, α étant défini par sa tangente, la solution

$$p\theta = -\frac{\pi}{3} - \alpha \tag{7}$$

conduit à la même valeur de $1/C\omega$.

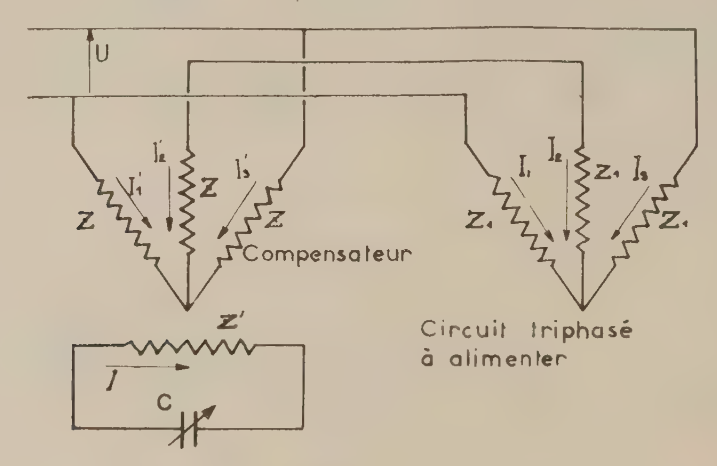


Fig. 1.

Les courants dans le circuit triphasé s'expriment, lorsque les conditions (5), (6) et (7) sont remplies par

$$I_1 = \frac{U_1}{\sqrt{3}\,R_1}\left[\frac{\sqrt{3}}{2} + j\,\frac{1}{2}\right], \qquad I_2 = -j\,\frac{U}{\sqrt{3}\,R_1} \qquad \text{et} \qquad I_3 = \frac{U}{\sqrt{3}\,R_1}\left[-\frac{\sqrt{3}}{2} + j\,\frac{1}{2}\right].$$

Ils constituent bien un système triphasé équilibré direct.

Par contre, les courants dans les différentes phases du compensateur sont

$$I'_1 = \frac{U}{2R_1}\left[1 - j\left(\frac{1}{\sqrt{3}} + \frac{R_1}{\mathcal{L}_1\omega} - \frac{\mathcal{L}_1\omega}{R_1}\right)\right], \qquad I'_2 = j\,\frac{U}{\sqrt{3}\,R_1}$$

et

$$I'_3 = \frac{U}{2R_1}\left[-1 + j\left(\frac{R_1}{\mathcal{L}_1\omega} + \frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{\mathcal{L}_1\omega}{R_1}\right)\right]$$

et forment un système triphasé déséquilibré.

L'étude de l'alimentation du circuit par un système inverse conduit, à l'aide d'une relation analogue à la relation (1), à la même valeur pour la réactance $1/C\omega$, tandis que le calage du secondaire devrait satisfaire à l'une des deux conditions

$$p\theta = \frac{2\pi}{3} + \alpha \qquad \text{ou} \qquad p\theta = -\frac{\pi}{3} + \alpha.$$

Afin de confirmer ces résultats théoriques, nous avons utilisé un compensateur de puissance fluctuante bipolaire de 2 600 VA et de tensions : primaire 220 V entre phases, secondaire 220 V. Le circuit triphasé étant constitué par un ensemble de résistances identiques, pouvant prendre diverses valeurs, nous avons obtenu les résultats donnés ci-après :

θ (degrés) expérimental.	(θ degrés) théorique.	C(μF) expérimental.	C(μF) théorique.	Ordre du système triphasé.	Cos φ monophasé.	P triphasé (W).
75° 30′ AV	76° AV	30,21	29,5	Direct	1	435
15° AR	16° AR	29,29	29,5	Inverse	0,985	435
62° 30′ AV	62° AV	59,84	56,4	Direct	0,865	857
0°	2° AR	56,03	56,4	Inverse	0,862	857
51° 30′ AV	53° AV	113,44	104,25	Direct	0,722	1277
11° 30′ AV	7° AV	112,23	104,25	Inverse	0,730	1277

L'examen de ce tableau montre que les valeurs théoriques sont en bon accord avec les résultats expérimentaux. Les écarts observés pour la capacité mesurée, relative à une même charge, mais dans un cas correspondant au triphasé direct et dans l'autre au triphasé inverse, proviennent du fait que, par construction, le compensateur n'est pas parfaitement équilibré.

Le facteur de puissance monophasé correspond à un décalage avant qui augmente avec la charge triphasée et tend vers la valeur 0,707.

L'approximation faite en négligeant les résistances des différents enroulements est en pratique justifiée.

(*) Séance du 3 mai 1961.
(1) M. Teissie-Solier et P. Lalangue, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 2185.

(Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique industrielle, E. N. S. E. E. H. T., 2, rue des Écoles, Toulouse.)

OPTIQUE. — *Application de la méthode des harmoniques sphériques à l'étude de l'état de polarisation du rayonnement diffus.* Note (*) de M[lle] **Jacqueline Lenoble**, présentée par M. Francis Perrin.

On étend la méthode de solution approchée par développement en série d'harmoniques sphériques à l'équation de transfert matricielle qui régit rigoureusement le rayonnement à l'intérieur d'une couche diffusante plane.

Pour tenir compte de l'effet polarisant de la diffusion et calculer l'état de polarisation du rayonnement à l'intérieur d'un milieu diffusant, il est commode de représenter les grandeurs lumineuses par une matrice composée de quatre paramètres. Nous utiliserons ici les paramètres récemment introduits par Kuščer et Ribarič (1) :

$$(1)\qquad I_2 = \frac{Q - iU}{2}; \qquad I_0 = \frac{I - V}{2}; \qquad I_{-0} = \frac{I + V}{2}; \qquad I_{-2} = \frac{Q + iU}{2},$$

où I, Q, U, V sont les classiques paramètres de Stokes. L'intérêt des paramètres de Kuščer, est qu'ils se transforment suivant la loi simple $I'_m = I_m e^{im\varphi}$ dans une rotation d'angle φ des axes de référence.

La matrice de diffusion $\mathbf{P}(\theta)$ fonction de l'angle de diffusion θ et rapportée aux axes parallèle et perpendiculaire au plan de diffusion, a pour terme général

$$(2)\qquad p_{mn}(\theta) = \sum_{l=\sup\left\{\begin{smallmatrix}|m|\\|n|\end{smallmatrix}\right.}^{L} \beta^l_{mn}\, P^l_{mn}(\cos\theta),$$

que nous supposons développé en série de fonctions de Legendre généralisées (1), (2) réelles.

L'équation de transfert matricielle s'écrit avec les notations habituelles (3) pour une couche diffusante plane éclairée par un faisceau parallèle

$$(3)\qquad \mu \frac{\partial \mathbf{I}(\tau;\, \mu,\, \varphi)}{\partial \tau} = \mathbf{I}(\tau;\, \mu,\, \varphi) - \frac{\varpi_0\, e^{-\frac{\tau}{\mu_0}}}{4} \mathbf{P}(\mu,\, \varphi;\, \mu_0 \varphi_0)\, \mathbf{F}$$
$$- \frac{\varpi_0}{4\pi} \int_{-1}^{+1} \int_0^{2\pi} \mathbf{P}(\mu,\, \varphi;\, \mu',\, \varphi')\, \mathbf{I}(\tau;\, \mu',\, \varphi')\, d\mu'\, d\varphi',$$

où la matrice de luminance **I** est rapportée aux axes parallèle et perpendiculaire au plan vertical passant par la direction considérée.

Kuščer et Ribarič (1) ont montré que, par application du théorème

d'addition des fonctions sphériques généralisées, on peut décomposer la matrice de diffusion rapportée aux mêmes axes sous la forme

$$\mathbf{P}(\mu, \varphi; \mu', \varphi') = \sum_{s=-L}^{+L} e^{is(\varphi-\varphi')}\mathbf{P}^s(\mu; \mu'), \tag{4}$$

où $\mathbf{P}^s(\mu; \mu')$ est une matrice de terme général

$$p^s_{mn}(\mu; \mu') = \sum_{l=\sup\{|m|, |n|, |s|\}}^{L} \beta^l_{mn}\, P^l_{sm}(\mu) P^l_{sn}(\mu'). \tag{5}$$

Il est alors relativement facile d'étendre à l'équation de transfert matricielle la méthode que nous avions employée ([1]) pour l'équation de transfert fonctionnelle concernant la luminance totale, sans tenir compte de l'état de polarisation. Si l'on développe $\mathbf{I}$ sous la forme

$$\mathbf{I}(\tau; \mu, \varphi) = \sum_{-L}^{+L} e^{is(\varphi-\varphi_0)}\mathbf{I}^s(\tau; \mu), \tag{5}$$

l'équation de transfert se sépare en $(2L+1)$ équations matricielles

$$\mu\frac{\partial \mathbf{I}^s(\tau; \mu)}{\partial\tau} = \mathbf{I}^s(\tau; \mu) - \frac{\varpi_0\, e^{-\frac{\tau}{\mu_0}}}{4}\mathbf{P}^s(\mu; \mu_0)\,\mathbf{F} - \frac{\varpi_0}{2}\int_{-1}^{+1}\mathbf{P}^s(\mu; \mu')\,\mathbf{I}^s(\tau; \mu')\,d\mu', \tag{7}$$

dont chacune peut se décomposer en quatre équations fonctionnelles

$$\mu\frac{\partial I^s_m(\tau; \mu)}{\partial\tau} = I^s_m(\tau; \mu) - \frac{\varpi_0\, e^{-\frac{\tau}{\mu_0}}}{4}\sum_n \sum_{l=\sup\{|m|, |n|, |s|\}}^{L} \beta^l_{mn}\, P^l_{sm}(\mu) P^l_{sn}(\mu_0)\, F_n - \frac{\varpi_0}{2}\sum_n \sum_{l=\sup\{|m|, |n|, |s|\}}^{L} \beta^l_{mn}\, P^l_{sm}(\mu)\int_{-1}^{+1} P^l_{sn}(\mu')\, I_n(\tau; \mu')\,d\mu'; \tag{8}$$

le terme $\sum_n$ exprime la somme pour les quatre valeurs $n = +2, +0, -0, -2$.

Développons I^s_m en série de fonctions de Legendre généralisées

$$I^s_m(\tau; \mu) = \sum_{l=\sup\{|m|, |s|\}}^{K} (2l+1)\, A^l_{sm}(\tau)\, P^l_{sm}(\mu), \tag{9}$$

que nous limitons à un ordre K de la forme $K = 2p - 1 + \sup\{|m|, |s|\}$. En groupant dans (8) les termes en $P^l_{sm}(\mu)$ et en utilisant les propriétés

d'orthogonalité et de récurrence des fonctions de Legendre généralisées, on obtient pour les coefficients $A^l_{sm}(\tau)$ d'ordre s un système de $8p$ équations différentielles linéaires

$$(10)\quad \frac{\sqrt{(l+m)(l-m)(l+s)(l-s)}}{l}\,\frac{dA^{l-1}_{sm}}{d\tau} - \frac{ms(2l+1)}{l(l+1)}\,\frac{dA^l_{sm}}{d\tau} + \frac{\sqrt{(l+1+m)(l+1-m)(l+1+s)(l+1-s)}}{l+1}\,\frac{dA^{l+1}_{sm}}{d\tau}$$
$$= (2l+1)A^l_{sm} - \varpi_0\sum_n \beta^l_{mn}A^l_{sn} - \frac{\varpi_0 e^{-\frac{\tau}{\mu_0}}}{4}\sum_n \beta^l_{mn}F_n P^l_{sn}(\mu_0),$$

où $m = +2, +0, -0, -2$; $l = \sup\left\{\begin{smallmatrix}|m|\\|s|\end{smallmatrix}\right\}, \ldots, (K-1), K$; les β^l_{mn} sont identiquement nuls pour $l > L$ et $l < |m|$ ou $|n|$.

La solution du système (10) est la somme de la solution générale du système homogène associée et d'une solution particulière

$$(11)\quad A^l_{sm}(\tau) = \sum_i l^i_s g^l_{sm}(\nu^i_s)\,e^{\nu^i_s\tau} + h^l_{sm}\,e^{-\frac{\tau}{\mu_0}}.$$

Les g^l_{sm} sont définis à partir de g^s_{s0} pris arbitrairement égal à 1 par le système homogène

$$(12)\quad \nu_s\left[\frac{\sqrt{(l+m)(l-m)(l+s)(l-s)}}{l}\,g^{l-1}_{sm} - \frac{ms(2l+1)}{l(l+1)}\,g^l_{sm} + \frac{\sqrt{(l+1+m)(l+1-m)(l+1+s)(l+1-s)}}{l+1}\,g^{l+1}_{sm}\right]$$
$$= (2l+1)g^l_{sm} - \varpi_0\sum_n \beta^l_{mn}g^l_{sn}$$

et les ν^i_s sont les valeurs de ν_s qui rendent compatibles les équations de ce système, c'est-à-dire que ν^i_s sont les racines du déterminant des coefficients de (12). Les h^l_{sm} sont définis par le système qui se déduit de (12) en remplaçant ν_s par $1/\mu_0$ et en ajoutant dans le deuxième membre le terme $-\varpi_0\sum_n \beta^l_{mn}P^l_{sn}(\mu_0)F_n/4$. Les constantes arbitraires l^i_s sont évidemment à calculer à partir des conditions aux limites du problème.

On peut vérifier facilement que dans le cas d'une lumière incidente naturelle et d'une diffusion ne polarisant pas ($I_2 = I_{-2} = 0$; $I_0 = I_{-0} = I/2$) on retrouve les formules établies précédemment [4].

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) I. Kuščer et M. Ribarič, *Optica Acta*, 6, 1959, p. 42.
(2) I. M. Gel'fand et Z. Y. Šapiro, *Amer. Math. Soc. Transl.*, 2, 1956, p. 207.
(3) S. Chandrasekhar, *Radiative Transfer*, Oxford University Press, 1950.
(4) J. Lenoble, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2087.

(*Institut de Physique, Lille.*)

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Le spectre d'absorption infrarouge des harmoniques et des combinaisons des vibrations internes de la calcite, de la dolomite et de la magnésite entre* 1400 *et* 700 cm^{-1}. Note (*) de Mme **Jeannine André-Louisfert**, présentée par M. Jean Lecomte.

Détermination de la fréquence de la vibration dégénérée de valence de la calcite, de la dolomite et de la magnésite. Attribution aux harmoniques et combinaisons des vibrations internes des maximums mesurés entre 1 400 et 7 000 cm^{-1}.

L'interprétation du spectre des vibrations internes de ces carbonates devient aisée, si l'on admet l'existence d'une résonance de Fermi entre la vibration dégénérée de valence Eu_1 et la combinaison $Eg_2 + Eu_2$ [1] et si l'on tient compte du fait que pour chacun d'eux les fréquences $Eu_2 + Eg_2$ sont assez voisines de celles de Eu_1 et Eg_1.

1. 1380-1520 cm^{-1} (Eu_1). — Parmi le grand nombre de maximums pointables dans la région de grande absorption autour de 1380-1520 cm^{-1}, nous mesurons pour chaque carbonate les deux plus importants à

Calcite	1 380 cm^{-1}	$Eg_2 + Eu_2$	1 480	Eu_p
Dolomite	1 400 »	»	1 500	»
Magnésite	1 420 »	»	1 520	»

Un raisonnement, analogue à celui que nous avons exposé [2] pour la calcite, nous conduit à les attribuer aux vibrations notées en regard de chaque nombre d'onde et à admettre la fréquence suivante pour la vibration dégénérée de valence Eu_1, avant sa perturbation par résonance de Fermi :

	Calcite.	Dolomite.	Magnésite.
Eu_1	1 430	1 450	1 470 cm^{-1}

le rapprochement de cette fréquence avec celle de la vibration de combinaison $Eu_2 + Eg_2$:

$Eu_2 + Eg_2$ [2]	1 432	1 451	1 481 cm^{-1}

explique la possibilité d'une résonance de Fermi entre les deux.

2. 1520-7000 cm^{-1}. *Région des harmoniques et combinaisons de* Eu_1 *avec les autres vibrations internes.* — Nous allons voir que *cette résonance de Fermi influence tout le spectre des combinaisons des vibrations internes.* En effet, cette partie du spectre se présente (*fig.*) comme une suite de bandes intenses, que nous avons numérotées de 1 à 12, dont la plupart se composent d'un maximum fort accompagné d'un plus faible, et qui semblent se reproduire à des intervalles assez réguliers : l'écart de fréquences entre deux bandes voisines varie de 330 à 400 cm^{-1}. La somme de deux écarts se trouve donc très proche de la fréquence Eu_2 ou de la moitié de la fréquence Eu_1, et l'on vérifie, pour chaque carbonate, que les bandes 2,

4, 6, 8, 10, 12 sont bien attribuables aux vibrations dégénérées harmoniques ou en combinaisons. Le maximum intense de ces bandes correspond à la vibration Eu_1, tandis que le second plus faible répond à la vibration

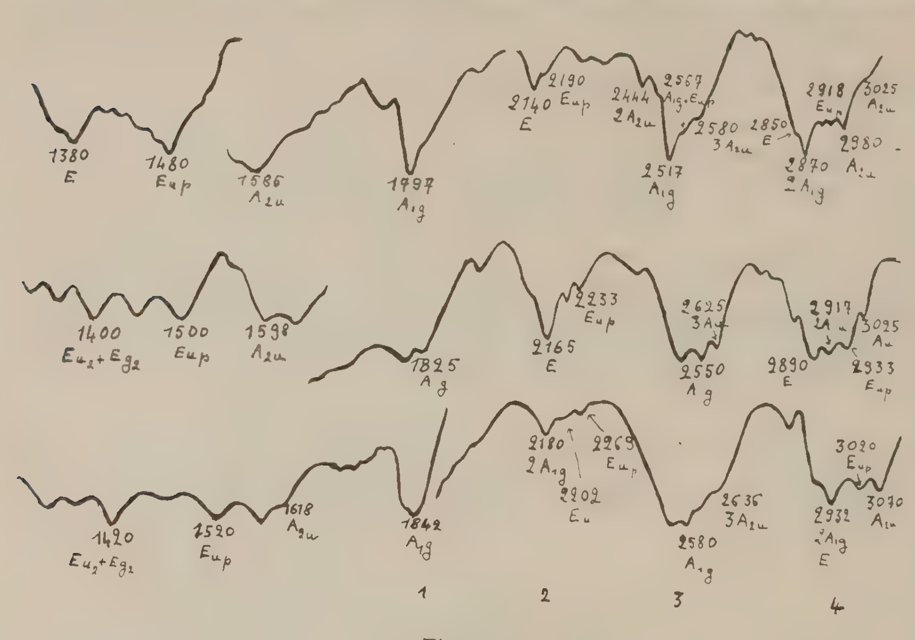


Fig. 1.

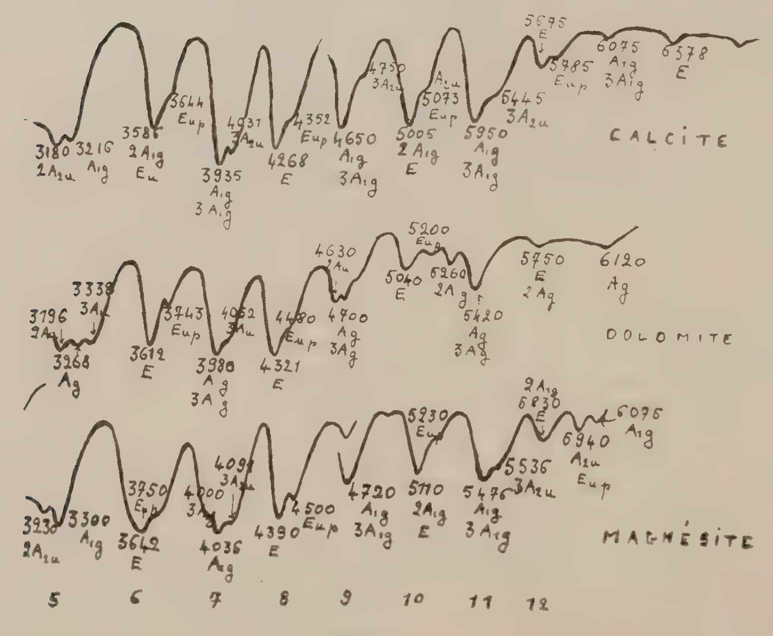


Fig. 2.

perturbée Eu_p. Nous les noterons d'une manière très générale $Eu_1 + nE$ et $Eu_p + nE$, n étant un nombre qui peut prendre les valeurs 1, 2, 3 tandis que E représente indifféremment Eu_1, Eu_2, Eg_1, Eg_2.

Les attributions des autres bandes se montrent faciles, si nous continuons à regarder l'ensemble des spectres comme des combinaisons des vibrations dégénérées aux niveaux 1, 2, 3, 4, etc. avec les autres vibrations internes, ce qui revient à remplacer dans le raisonnement précédent Eu_1 et Eu_p par A_{2u}, $2A_{2u}$, $3A_{2u}$, A_{1g}, $2A_{1g}$, $3A_{1g}$ ou lorsqu'il s'agit de la dolomie Au, $2Au$, $3Au$, Ag, $2Ag$, $3Ag$.

Le calcul, méthode banale et fastidieuse, et une méthode graphique, qui sera exposée dans un travail plus complet, très imagée et parlante, nous ont amenée aux mêmes conculsions.

Remarque. — Il est facile de vérifier que la fréquence de A_{1g} se trouve très proche de celle de $E_1 + E_2$, de sorte que les fréquences de combinaisons $2A_{1g} + nE$ sont très voisines de celles de $nE_1 + nE_2$. La même similitude se rencontre entre $3A_{1g}$ et $A_{1g} + E_1 + E_2$. Les maximums correspondant à ces fréquences apparaissent donc souvent confondus avec la dispersion de nos appareils.

Conclusion. — Comme nous l'avons déjà dit précédemment [2] et [3] : si l'on prend, pour chaque carbonate, les fréquences des bandes correspondantes et des combinaisons analogues, on constate que la fréquence de la combinaison de la dolomite se trouve être la moyenne arithmétique entre celle de la calcite et celle de la magnésite.

(*) Séance du 24 mai 1961.

(1) Pour la nomenclature, *voir* J. Louisfert, *Comptes rendus*, 241, 1958, p. 940.

(2) J. Louisfert, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 1497.

(3) J. Louisfert, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 1150.

(*Département infrarouge, Laboratoire de Recherches physiques, Sorbonne.*)

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Première énergie d'ionisation des éléments de la matière caractérisés par leurs électrons s et p des couches externes* (1 à 7). Note de Mlle **Rose Aynard**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que l'énergie totale d'un atome, selon Zener, est celle nécessaire pour extraire tous les électrons de l'atome jusqu'à une distance infinie sans fournir d'énergie cinétique. Théoriquement on peut calculer cette énergie, soit par la méthode statistique de Thomas-Fermi [1], soit par la méthode du champ self-consistent de Hartree [2], soit par la méthode variationnelle de Zener-Slater [3]. La première méthode ne donne pas de résultats très précis; par la seconde on pourrait avoir une bien meilleure approximation mais elle est difficilement applicable pour les atomes à grand nombre de charges.

Pour la troisième, Zener donne l'énergie totale d'un atome sous la forme $[(Z - \varepsilon)/n^*]^2$ en termes de Rydberg, où $Z - \varepsilon$ est le champ effectif de l'atome, Z le numéro atomique, ε la constante d'écran, n^* le nombre quantique effectif. Slater donne une règle d'application assez compliquée avec différents termes correctifs additionnels selon les cas. De plus, les constantes ε et n^* ont été ajustées par lui pour que l'énergie théorique ait la meilleure concordance possible avec l'énergie expérimentale. Toutefois ses résultats sont souvent assez approximatifs. Ceux relatifs à la série des alcalins sont consignés au tableau I [4].

En général on utilise les données expérimentales dans les calculs où entrent les valeurs des énergies d'ionisation des atomes. Franck et Hertz ont effectué les premières mesures en 1913 à partir des chocs électroniques sur des atomes métalliques. On obtient ces résultats de façon plus précise en mesurant la fréquence limite des séries principales des spectres des vapeurs métalliques où apparaît le spectre continu après le spectre quantifié. Ces méthodes sont surtout précises dans le cas des atomes métalliques. Pour certains éléments du tableau périodique on ne connaît que des valeurs approximatives ou déduites par interpolation.

1. Le volume atomique est lié, comme on sait, à l'énergie de première ionisation de l'atome, par suite à son rayon et de telle sorte que pour un atome à grand rayon, l'énergie d'ionisation est inférieure à celle d'un atome à rayon de moindre grandeur.

En effet, pour un volume atomique donné, les électrons sont moins faciles à extraire d'un petit volume que d'un grand. D'autre part, on sait que l'énergie d'ionisation varie périodiquement avec le numéro atomique et que, de plus, elle croît des éléments lourds aux éléments légers.

Il est donc intéressant de considérer les atomes dans leur ensemble et en fonction du remplissage successif, soit des couches externes, soit des couches internes, comme je l'ai fait auparavant.

Par cette méthode, j'ai établi précédemment les courbes caractéristiques des rayons des éléments de la matière en fonction : (1) de leurs électrons s et p croissants [5] et (2) de leurs électrons d et f.

Les courbes (1) étaient de la forme

(I) $$r(s,\,p) = \mathrm{A}\,e^{-\frac{a'}{(s,\,p)}} + \mathrm{B}\,e^{-\frac{b'}{(s,\,p)^2}}$$

Les huit courbes obtenues avaient l'allure des courbes de Morse.

2. En considérant le problème de l'énergie d'ionisation sous le même angle, on doit trouver ici des courbes inversées par rapport aux $(s,\,p)$ croissants.

Je prends ici une fonction de la forme

(II) $$\mathrm{E}_i(s,\,p) = \mathrm{A}\,e^{-\frac{(s,\,p)}{a''}} + \mathrm{B}\,e^{-\frac{(s,\,p)}{b''}},$$

En déterminant les valeurs des constantes à partir des données expérimentales des énergies d'ionisation (Landolt, 1950), j'obtiens les fonctions suivantes en électrons-volts :

(1) $$\mathrm{E}_i(1s) = 27\left(\frac{e^{-\frac{s}{27.5,4}}}{5,4} + \frac{e^{-\frac{s^2}{3}}}{2,25}\right)\ \mathrm{eV},$$

(2) $$\mathrm{E}_i(2s) = 27\left(\frac{e^{-\frac{s}{27.3,68}}}{3,68} + \frac{e^{-\frac{s^2}{6}}}{0,78}\right)\ \mathrm{eV},$$

(3) $$\mathrm{E}_i(1p) = 27\left(\frac{e^{-\frac{s}{27.19,71}}}{\sqrt{19,71}} + \frac{e^{-(p-4)^2}}{5,17}\right)\ \mathrm{eV},$$

(4) $$\mathrm{E}_i(2p) = 27\left(\frac{e^{-\frac{s}{27.9,30}}}{\sqrt{9,30}} + \frac{e^{-(p-5)^2}}{4,4}\right)\ \mathrm{eV},$$

(5) $$\mathrm{E}_i(3p) = 27\left(\frac{e^{-\frac{s}{27.4,752}}}{\sqrt{4,752}} + \frac{e^{-(p-6)^2}}{4,06}\right)\ \mathrm{eV},$$

(6) $$\mathrm{E}_i(4p) = 27\left(\frac{e^{-\frac{s}{27.4,84}}}{\sqrt{4,84}} + \frac{e^{-(p-7)^2}}{5}\right)\ \mathrm{eV},$$

(7) $$\mathrm{E}_i(5p) = 27\left(\frac{e^{-\frac{s}{27.3}}}{\sqrt{3}} + \frac{e^{-(p-8)^2}}{3,55}\right)\ \mathrm{eV},$$

(8) $$\mathrm{E}_i(6p) = 27\left(\frac{e^{-\frac{s}{27\sqrt{2}.1,61}}}{\sqrt{1,61}} + \frac{e^{-(p-9)^2}}{3}\right)\ \mathrm{eV}.$$

On obtient les valeurs et les courbes à partir de ces fonctions [4].

Remarque I. — On peut écrire les expressions précédentes sous la forme

$$\mathrm{E}_i(s,\,p) = \mathrm{R}_i\left(\frac{e^{-\frac{(s,\,p)}{a\mathrm{R}_i}}}{a} + \zeta\right), \qquad \text{avec} \quad \zeta = \mathrm{B}\,e^{-\frac{(s,\,p)^2}{b}},$$

au dénominateur α devient $\sqrt{\alpha}$ pour les courbes $E_i(p)$ [de (3) à (8)]

$$R_i = \frac{me^4}{h^2} = 27 \text{ eV} = \text{Cte de première ionisation.}$$

Remarque II. — On pourrait obtenir le numéro atomique 113 sur une courbe hypothétique $E_i(7p)$ réduite à un point pour $p = 43$, et son énergie d'ionisation, soit $E_{i(113)}(7p) = 10{,}5$ eV environ.

(1) THOMAS et FERMI, voir *Bibl.*, 1928.
(2) HARTREE, *Rep. Prog. Phys.*, 2, n° 113, 1948; *Calculation of atomic Structures*, Chapman and Hall, 1957.
(3) ZENER et SLATER, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 51 et 57.
(4) Publiés ultérieurement.
(5) R. AYNARD, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 2683.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une méthode de détermination du spin du noyau composé dans la diffusion des neutrons par des noyaux polarisés.* Note (*) de M. **Pierre-Gilles de Gennes**, présentée par M. Francis Perrin.

Dans une cible formée par un matériau magnétique, il existe aux basses températures, un terme croisé entre la diffusion nucléaire résonnante et la diffusion magnétique des neutrons. Ce terme permet, dans des cas favorables, de déterminer le spin du noyau composé sans utiliser des neutrons polarisés.

1. L'amplitude de diffusion pour la diffusion élastique d'un neutron (de spin S) par un noyau (de spin I) est, si l'on se limite à la diffusion *s* de la forme

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} a_n &= a_p + a_r g_J \left(1 + \zeta_J \vec{I}.\vec{S}\right), \\ a_r &= \frac{1}{2} \lambda \frac{\Gamma_n}{E - E_0 + \frac{1}{2} i \Gamma}. \end{aligned} \right.$$

a_p est l'amplitude potentielle (prise scalaire pour simplifier), et a_r est l'amplitude de résonance pour l'état virtuel d'énergie E_0, de largeur Γ, de spin total $J = I \pm 1/2$.

Enfin

$$g_J = \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{I+1}{2I+1} \\ \dfrac{I}{2I+1} \end{array} \right. \qquad \zeta_J = \left\{ \begin{array}{ll} \dfrac{2}{I+1}, & J = I + \dfrac{1}{2}; \\ -\dfrac{2}{I}. & J = I - \dfrac{1}{2}. \end{array} \right.$$

Pour des neutrons non polarisés et quel que soit l'état de polarisation du noyau la section efficace correspondante est

$$(2) \qquad \frac{d\sigma}{d\Omega} = g_J \,|\, a_r + a_p \,|^2 + (1 - g_J) \,|\, a_p \,|^2 = b^2.$$

2. Si l'on veut obtenir plus d'informations sur l'état résonnant en utilisant uniquement la diffusion nucléaire, il faut diffuser des neutrons polarisés sur des noyaux polarisés. Nous allons montrer que dans les matériaux *magnétiques*, toutefois, il n'est pas nécessaire que la source des neutrons soit polarisée. L'amplitude de diffusion par un ion magnétique vaut

$$(3) \qquad a = a_n - 2m\vec{S}.\vec{T},$$

où

$$m = 1{,}91 \frac{e^2}{m_e c^2} F(\vec{q}).$$

$\hbar\vec{q}$ est la variation d'impulsion du neutron, F est un facteur de forme normalisé par $F(0) = 1$, et $\vec{T}$ un vecteur qui, lorsque q n'est pas trop grand ($q^{-1} >$ rayon ionique) est proportionnel à la composante du moment

magnétique perpendiculaire à $\vec{q}$. Dans le groupe du fer $\vec{T} = 1/2\,(g_e\,\vec{S}_e)_\perp$. Dans le groupe des terres rares $\vec{T} = 1/2\left(g_e\,\vec{J}_e\right)_\perp$ où g_e est le facteur de séparation spectroscopique, $\vec{S}_e$ le moment angulaire de spin, $\vec{J}_e$ le moment angulaire total de l'ion.

La section efficace correspondant à (3) pour les neutrons non polarisés est

$$(4)\qquad \frac{d\sigma}{d\Omega} = b^2 - \left\langle \vec{I}.\vec{T} \right\rangle g_J\,\xi_J\,m\,\mathrm{Re}\,\{a_r\} + m^2\langle T^2\rangle.$$

Dans un cristal où les spins électroniques sont fortement alignés, et où il existe un couplage hyperfin important, la moyenne thermique $\langle \vec{I}.\vec{T} \rangle$ n'est pas nulle aux basses températures. Elle ne s'annule pas non plus quand on fait la somme de (4) sur les atomes du diffuseur : par exemple, pour un antiferromagnétique à deux sous-réseaux $\langle \vec{I}.\vec{T} \rangle$ est le même en grandeur et en signe sur les deux sous-réseaux. Il y aura donc une variation de $d\sigma/d\Omega$ avec la température. Si le signe du champ local responsable du terme $\langle \vec{I}.\vec{T} \rangle$ est connu, l'expérience fournit donc le signe de ξ_J et la valeur de J.

3. L'importance de l'effet est mesurée par le rapport du terme croisé aux termes directs

$$(5)\qquad \rho = \frac{\langle \vec{I}.\vec{T} \rangle\, m g_J\,|\xi_J|\,\mathrm{Re}\,\{a_r\}}{b^2 + m^2\langle T^2\rangle}.$$

Le maximum de ρ est obtenu lorsque

$$(6)\qquad m^2\langle T\rangle^2 \cong m^2\langle T^2\rangle = b^2,$$

c'est-à-dire lorsque les diffusions purement nucléaire et purement magnétique sont égales. Il vaut

$$(7)\qquad \rho_{max} = \frac{\langle I\rangle}{2I+1}\,\frac{\mathrm{Re}\,\{a_r\}}{b}.$$

La situation la plus favorable est donc réalisée lorsqu'on est au voisinage de la résonance considérée (mais pas exactement dessus, puisque $\mathrm{Re}\,\{a_r\}$ s'annule à cette énergie) et, de préférence, du côté où il y a interférence destructive entre la diffusion résonnante et la diffusion potentielle (pour réduire b). L'ordre de grandeur de ρ_{max} est toujours $\langle I\rangle/(2I+1)$.

4. Considérons par exemple la résonance du ^{159}Tb à 3,35 eV pour laquelle

$$\Gamma_n = 0{,}43.10^{-3}\,\mathrm{eV}, \qquad \Gamma = 90.10^{-3}\,\mathrm{eV}.$$

L'amplitude de diffusion résonnante est au maximum de 10^{-12} cm. L'amplitude magnétique se déduit des considérations suivantes : l'ion Tb^{3+} qui existe effectivement dans le métal est dans un état $^7F_6$ pour lequel $g_e = 3/2$, donc

$$T_{max} = 4{,}5 \qquad \text{et} \qquad m T_{max} = 2{,}4.10^{-12}.$$

On peut donc réaliser la condition (6) en ajustant l'amplitude magnétique, soit par l'effet de $F(q)$, soit en rapprochant les moments magnétiques de la direction $\vec{q}$. Enfin le taux de polarisation nucléaire est connu grâce à une mesure récente du champ local (1). La fréquence de résonance des noyaux ^{159}Tb est $\nu \cong 3\,000$ Mc, et

$$\langle I \rangle = \frac{1}{3} I(I+1) \frac{h\nu}{kT}. \tag{8}$$

Ici $I = 3/2$, $\rho_{max} = 5\,\%$ pour $T = 1^{\circ}$K. On aurait encore un effet notable avec $T = 2^{\circ}$K, température assez facile à obtenir par les moyens classiques. L'expérience pourrait être faite en comparant la diffusion à 2°K et à une température plus élevée (mais pas trop élevée pour éviter les effets parasites dus à l'agitation thermique).

5. Nous n'avons considéré jusqu'ici que la diffusion par des atomes indépendants. Il est possible d'envisager toutefois (pour les résonances de basses énergies), l'étude de raies de Bragg résultant d'une diffusion cohérente. Pour le cas le plus simple (une seule espèce d'atomes magnétiques) l'amplitude correspondante est

$$a = \sum_i e^{i\vec{q}.\vec{R}_i}\left[a_n(i) - 2m\,\vec{S}_n.\vec{T}_i\right], \tag{9}$$

où $a_n(i)$ est l'amplitude nucléaire relative au noyau (i). Si l'on sépare dans $|a|^2$ le terme singulier correspondant aux raies de Bragg, on obtient pour des neutrons non polarisés

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{Bragg}} = \sum_{ij} e^{i\vec{q}.\vec{R}_{ij}}\left[|a_p + g_J a_r|^2 + \left|\frac{a_r}{2I+1}\right|^2 \langle \vec{I}_i \rangle \langle \vec{I}_j \rangle + m^2 \langle \vec{T}_i \rangle \langle \vec{T}_j \rangle - m g_J \xi_J \operatorname{Re}\{a_r\} \langle \vec{I}_i \rangle \langle \vec{T}_j \rangle\right]. \tag{10}$$

Le premier terme du crochet a les règles de sélection qui correspondent aux raies de Bragg nucléaires. Tous les autres contribuent seulement aux raies « magnétiques » (au moins pour une interaction hyperfine scalaire). Si ces deux groupes de raies ont des positions différentes (structures antiferromagnétiques) on peut, en choisissant une raie du deuxième groupe, éliminer le premier terme. Le deuxième terme est petit (du deuxième ordre par rapport au taux de polarisation) et le rapport ρ devient

$$\rho = 2\frac{\langle I \rangle}{2I+1}\frac{\operatorname{Re}\{a_r\}}{m\langle T \rangle}.$$

On peut espérer obtenir dans ce cas des valeurs de ρ qui soient notablement supérieures au taux de polarisation.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) J. HERVÉ et P. VEILLET, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 99.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Méthode expérimentale pour déterminer le coefficient axial de mélange dans une couche fixe.* Note (*) de MM. **Eli Ruckenstein** et **Octavian Smigelschi**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. Le processus longitudinal de mélange qui a lieu dans un fluide s'écoulant à travers une couche fixe est habituellement représenté par un modèle de diffusion. Autrement dit, pour le transport axial de masse dû au mélange, il est possible d'utiliser une expression analogue à celle proposée par Fick pour le processus de diffusion moléculaire. Une telle représentation est applicable à tout processus pouvant être considéré comme constitué par un processus élémentaire répété un grand nombre de fois. Dans le cas d'une couche fixe, le processus qui a lieu lorsque le fluide coule à travers un rang de particules solides représente un tel processus élémentaire.

Cette Note a pour but de présenter une nouvelle méthode expérimentale pour déterminer les valeurs locales des coefficients de mélange et donc de justifier l'application du modèle de diffusion à l'écoulement des fluides à travers une couche fixe de particules.

Cette méthode expérimentale est une extension de la méthode de détermination du mélange provoqué dans un liquide par un ensemble de gouttes ou de bulles en mouvement, méthode utilisée antérieurement par les auteurs [1].

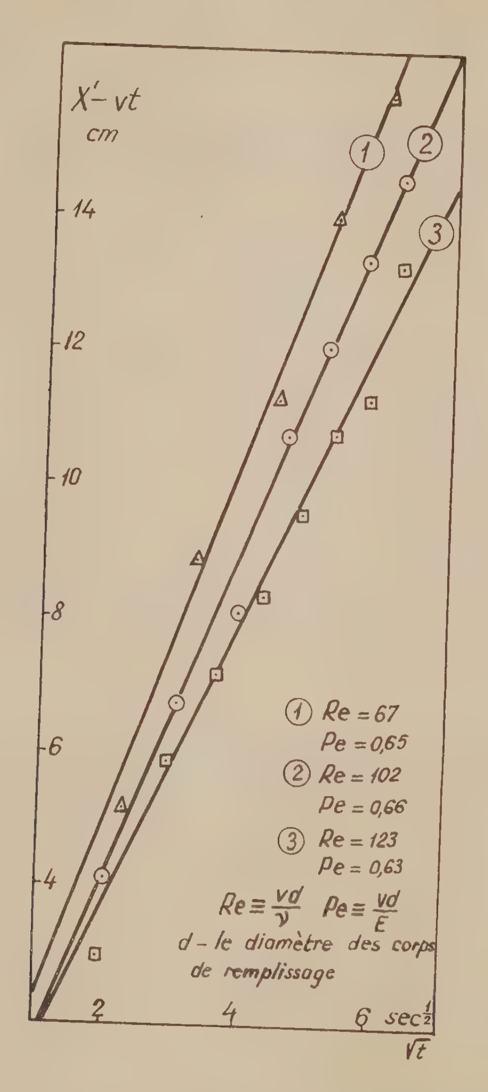
2. On utilise un assez long tube vertical de verre, à remplissage, qui peut être séparé par l'intermédiaire d'une plaque coulissante séparant le tube en deux zones. Dans la zone supérieure on introduit une solution A′ et dans la zone inférieure une solution B′, choisies de manière que les constituants actifs A et B des deux solutions réagissent chimiquement selon une réaction extrêmement rapide et pratiquement irréversible. (Nous avons utilisé des solutions aqueuses de HCl et $NaOH$.) Grâce au mélange produit par l'écoulement du liquide à travers le remplissage, le front de réaction se déplace (à partir du moment où le liquide du tube est mis en mouvement par le retrait de la plaque séparatrice) par rapport à une origine qui se meut avec le liquide. Le déplacement du front de réaction est rendu visible par l'introduction d'un indicateur de virage.

Comme la réaction est extrêmement rapide et pratiquement irréversible, la zone de réaction aura une épaisseur négligeable. Il y aura donc deux zones distinctes de diffusion, l'une dans laquelle diffuse le constituant actif A, et l'autre dans laquelle diffuse le constituant actif B.

Le modèle de diffusion nous permet alors d'écrire :

$$\frac{\partial c_A}{\partial t} = E\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} \quad \text{et} \quad \frac{\partial c_B}{\partial t} = E\frac{\partial^2 c_B}{\partial x^2}, \tag{1}$$

où c_A et c_B sont les concentrations des deux constituants actifs, t le temps, mesuré à partir de la mise en mouvement du liquide, x la distance à l'origine mobile du système et E le coefficient de mélange.



En utilisant les conditions initiales et à la limite suivantes :

$$c_A = c_{A,i} \quad \text{pour} \quad -\infty < x < 0 \quad \text{et} \quad t = 0;$$

$$c_B = c_{B,i} \quad \text{pour} \quad 0 < x < \infty \quad \text{et} \quad t = 0;$$

$$c_A = c_B = 0 \quad \text{pour} \quad x = x';$$

$$\left(\frac{\partial c_A}{\partial x}\right)_{[illegible]}, \quad \left(\frac{\partial c_B}{\partial x}\right)_{[illegible]} = 0,$$

x' étant la distance du front de réaction par rapport à l'origine mobile, on obtient les équations

$$(2)\quad \begin{cases} c_A = \dfrac{c_{A,i} - c_{B,i}}{2} - \dfrac{c_{A,i} + c_{B,i}}{2} \operatorname{erf} \dfrac{x}{2\sqrt{Et}}, \\ c_B = \dfrac{c_{B,i} - c_{A,i}}{2} + \dfrac{c_{A,i} + c_{B,i}}{2} \operatorname{erf} \dfrac{x}{2\sqrt{Et}}. \end{cases}$$

Si X′ est la distance du front de réaction à la plaque qui séparait les deux zones au moment initial, alors

$$(3)\quad X' = vt + x';$$

v étant la vitesse d'écoulement du liquide. A partir des équations (2) et (3) on obtient

$$(4)\quad \operatorname{erf} \frac{X' - vt}{2\sqrt{Et}} = \frac{c_{A,i} - c_{B,i}}{c_{A,i} + c_{B,i}}.$$

En déterminant X′ en fonction du temps t, nous avons obtenu pour le coefficient de mélange E des valeurs en concordance avec celles obtenues par divers autres auteurs ([2]), ([3]).

En dehors de cela, vu que la courbe X′ en fonction du temps t concorde d'une manière satisfaisante avec une équation du type (4) (*fig.* 1), on peut conclure que le modèle de diffusion peut être utilisé pour la représentation du processus de mélange dans un liquide s'écoulant à travers une couche fixe.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) E. Ruckenstein et O. Smigelschi, *Revista de Chimie* (Bucarest), n° 4, 1959, p. 211.

(2) E. A. Ebach et R. R. White, *A. I. Ch. E. Journal*, 4, n° 2, 1958, p. 161.

(3) A. W. Liles et C. I. Geankoplis, *A. I. Ch. E. Journal*, 6, n° 4, 1960, p. 591.

(*Institut Polytechnique, Bucarest.*)

SPECTROCHIMIE. — *Étude spectroscopique de la photolyse du toluène en solution rigide à 77°K*. Note (*) de Mlle **Lydie Grajcar** et M. **Sydney Leach**, présentée par M. Georges Champetier.

Étude de la photolyse du toluène dans diverses solutions rigides à 77°K par spectroscopie d'absorption et de luminescence. Un triène substitué et des radicaux benzyles sont formés. Au réchauffement, ceux-ci réagissent avec de l'oxygène pour former le benzaldéhyde. On discute brièvement le mécanisme de formation de benzaldéhyde par photolyse de cristaux de toluène à basse température.

Au cours d'une étude spectrale de la photolyse ultraviolette du α-chlorotoluène en solution à 77°K ([1]) nous avons observé l'apparition de bandes qui pourraient être dues, soit au toluène, soit au dibenzyle. L'étude de la photolyse de ces corps en solution à basse température s'imposait. La présente Note est consacrée au toluène; les résultats sur le dibenzyle seront discutés ailleurs ([2]).

Expériences. — Le toluène a été étudié dans trois solutions différentes :

1° isopentane;

2° M. P. (mélange de 2 parties en volume de méthylcyclohexane et 3 parties d'isopentane);

3° E. P. A. (mélange de 5 parties en volume d'éther éthylique, 5 parties d'isopentane et 2 parties d'alcool éthylique).

Ces solutions, non dégazées, ont été irradiées à 77°K, à des concentrations de 10^{-2} et 10^{-3} M/l, par une lampe à basse pression Hg-Ar sans filtre, émettant principalement la raie λ 2 537 Å. Les spectres d'absorption ultraviolette et de luminescence à 77°K ont été observés avant et après les irradiations au moyen d'un spectrographe Hilger E 517. Les temps d'irradiation variaient entre 2 et 120 mn. Pour exciter la luminescence nous nous sommes servis d'une lampe Hg-Ar basse pression avec filtre laissant passer presque uniquement la raie λ 2 537 Å. Les montages et techniques utilisés ont été décrits ailleurs ([3]).

Résultats. — Nous observons, *avant irradiation* :

— le spectre d'absorption du toluène comportant un groupe de bandes de λλ < 2 690 Å;

— des bandes de fluorescence entre λλ 2 690 et 3 000 Å;

— des bandes de phosphorescence entre λλ 3 459 et 4 238 Å. Le spectre de phosphorescence est relativement moins intense dans l'isopentane témoignant ainsi que ce solvant est moins rigide à 77°K que le M. P. ou l'E. P. A. ([3]).

Après quelques minutes d'irradiation, nous observons, pour les solutions dans le M. P. et l'E. P. A., une bande d'absorption vers λ 3 180 Å. Cette bande avait déjà été observée par Porter et ses collaborateurs ([4]), ([5]) qui l'ont attribuée au radical benzyle $C_6H_5CH_2$ piégé dans le milieu rigide.

En même temps nous observons sur nos clichés une série de bandes de *luminescence* entre 4 600 et 5 400 Å que nous avons analysée et attribuée à la transition $1^2A_2 \rightarrow 1^2B_2$ du radical benzyle [6]. Ces bandes sont plus intenses dans l'E. P. A. et le M. P. mais elles s'observent très bien même dans le cas de la solution dans l'isopentane.

L'absence de bande d'absorption vers λ 3 180 Å dans ce dernier cas pourrait conduire à penser que ce radical n'est pas piégé dans l'isopentane à 77°K. Cette supposition est démentie par l'observation des bandes de fluorescence de ce radical. En effet, l'énergie minimale nécessaire pour former un radical benzyle à l'état excité 1^2A_2 est 6,02 eV = 3,34 eV [rupture $C_6H_5CH_2$—H [7]] + 2,68 eV [énergie d'excitation de l'état 1^2A_2 [6]]. L'énergie correspondant à la raie d'excitation de la luminescence, 4,9 eV (λ 2 537 Å) est donc insuffisante pour former, à partir du toluène, un radical benzyle excité en un seul acte. L'observation de leur spectre de luminescence indique que les radicaux benzyles une fois formés dans l'isopentane y sont piégés pendant un temps suffisamment long pour leur permettre d'absorber le quantum d'excitation, soit directement, soit par transfert d'une molécule de toluène déjà excitée. Toutefois la concentration de radicaux benzyles piégés est insuffisante pour qu'ils soient décelés par leur absorption à λ 3 180 Å.

Nous avons également remarqué sur nos clichés l'apparition d'une nouvelle absorption qui débute par deux bandes vers 2 880 et 2 790 Å [*cf.* Norman et Porter [4]], et s'étend vers l'ultraviolet lointain. Ces bandes sont à attribuer à un triène substitué formé par rupture d'une liaison carbone-carbone du noyau benzénique et réaction avec le solvant. Elles sont beaucoup plus faibles dans la solution d'isopentane. Un résultat analogue avait été observé lors de l'irradiation du benzène dans divers solvants [8].

Notons que les spectres de fluorescence et de phosphorescence du toluène continuent à être observés après quelques minutes d'irradiation, quoique l'allure du spectre de fluorescence soit modifiée dans le cas de l'E. P. A. et du M. P. à cause de la forte absorption du triène substitué formé.

Après photolyse durant 30 mn l'absorption due au triène substitué est plus intense. On observe également une bande diffuse de luminescence à λ 2 959 Å, c'est-à-dire à la limite vers les grandes longueurs d'onde du spectre d'absorption du triène substitué. Cette bande de luminescence est probablement caractéristique du triène substitué. Notons que les bandes d'absorption vers λ 3 180 Å et les bandes de luminescence vers λ 4 600 Å dues au radical benzyle s'observent toujours.

Après réchauffement à la température ambiante et refroidissement de nouveau à 77°K on n'observe plus les bandes d'absorption ou de luminescence attribuées au radical benzyle. Par contre les bandes d'absorption et la bande diffuse de luminescence attribuées au triène substitué s'observent

toujours. Sur nos clichés nous voyons également les spectres de fluorescence (estompés) et de phosphorescence du toluène, ainsi qu'une nouvelle série de bandes qui se situent à λλ 3 985, 4 255 et 4 610 Å. (La limite λ supérieure de sensibilité de nos plaques est environ 4 700 Å).

Nous attribuons celles-ci au spectre de luminescence du benzaldéhyde C_6H_5CHO. Cette molécule serait formée par réaction entre les radicaux benzyles devenus *mobiles* au réchauffement de la solution, et des molécules d'oxygène occlues dans ces solutions non dégazées.

La formation photochimique du benzaldéhyde avait été observée par Kanda et Sponer (9) dans des expériences sur la luminescence à basse température du toluène à l'état *cristallin.* Nous pensons que, dans leur cas, le benzaldéhyde est formé par une photo-oxydation directe du toluène (c'est-à-dire réaction entre l'oxygène et une molécule de toluène qui se trouve à un état électronique excité) et non pas, comme dans notre cas, par formation initiale de radicaux benzyles. Nous pensons qu'une réaction de photo-oxydation pourrait se produire relativement facilement dans le cas des cristaux organiques (par exemple le toluène) grâce à la possibilité de migration d'excitons. La réaction pourrait avoir lieu quand l'excitation atteint une molécule de toluène qui se trouve au voisinage d'une molécule d'oxygène.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) L. Grajcar et S. Leach, Manuscrit en préparation.
(2) L. Grajcar et S. Leach, Manuscrit en préparation.
(3) S. Leach et R. Lopez-Delgado, Communication présentée à la 4e *Réunion Européenne de Spectroscopie moléculaire*, septembre 1959 (sous presse).
(4) I. Norman et G. Porter, *Proc. Roy. Soc.*, A 230, 1950, p. 399.
(5) G. Porter et E. Strachan, *Spectrochimica Acta*, 12, 1958, p. 299.
(6) L. Grajcar et S. Leach, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1014.
(7) A. H. Sehon et M. Szwarc, *Ann. Rev. Phys. Chem.*, 8, 1957, p. 439.
(8) S. Leach et E. Migirdicyan, *J. Chim. Phys.*, 54, 1957, p. 643; 58, 1961, p. 409.
(9) E. Kanda et H. Sponer, *J. Chem. Phys.*, 28, 1958, p. 798.

(*Laboratoire de Chimie physique,
Faculté des Sciences. Orsay, Seine-et-Oise.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude par microscopie électronique des structures formées après écrouissage par traction et recuit du fer de « zone fondue ».* Note (*) de M. **Paul Morgand**, présentée par M. Georges Chaudron.

Dans une précédente Note en collaboration avec C. Messager [1], nous avons décrit les modifications de structure qui interviennent pendant le recuit du fer fortement écroui. L'observation du métal se faisait au microscope électronique en transmission selon la technique de Hirsch.

Nous avons utilisé cette même technique d'observation pour étudier l'évolution d'échantillons de fer très purs écrouis par traction puis recuits à différentes températures.

Nous avons utilisé du fer purifié par la méthode de la zone fondue [2]. Les éprouvettes découpées dans une feuille de métal laminée de 1 mm à 5/100e de millimètre étaient recuites 6 h à 850°C avant d'être écrouies par traction. Une partie de ces éprouvettes a été étirée pour obtenir un taux d'écrouissage de 1 %. L'autre partie des éprouvettes a subi un écrouissage qui est proche de la rupture et qui est égal à 16 %.

Après traction certains de ces échantillons ont été soumis à des recuits isochrones de 2 h avant de subir l'amincissement électrolytique [3] qui permet leur observation dans le microscope électronique; d'autres ont été examinés sans recuit préalable.

Dans les éprouvettes écrouies de 1 %, les dislocations ne sont pas réparties uniformément dans la masse du métal. Elles apparaissent groupées en « paquets ». La figure 1 représente l'un de ces « paquets ». Les dislocations y sont enchevêtrées sans ordre apparent et beaucoup d'entre elles ne sont pas rectilignes.

Un recuit de 2 h à 300°C ne modifie pas sensiblement cet aspect. Par contre une évolution très nette se manifeste après 2 h à 500°C. Les dislocations deviennent alors rectilignes et sensiblement parallèles les unes aux autres. Après un recuit de 2 h à 600°C certaines d'entre elles se groupent de façon régulière formant ainsi des sous-joints de polygonisation. Finalement après 2 h à 850°C le métal est entièrement polygonisé. En effet, la presque totalité des dislocations forme des sous-joints qui délimitent les blocs de la structure polygonisée.

La figure 2 montre un type de sous-joint qu'on rencontre fréquemment dans le fer très pur. On notera toutefois qu'à l'intérieur du métal massif, ce même sous-joint pouvait très bien avoir une forme plus complexe.

Dans le métal, soumis à une traction de 16 %, on observe dès l'écrouissage le rassemblement des dislocations en parois grossières. Ces parois forment un ou plusieurs systèmes sensiblement parallèles et délimitent ainsi des blocs à l'intérieur desquels la densité de dislocations est plus faible (*fig.* 3).

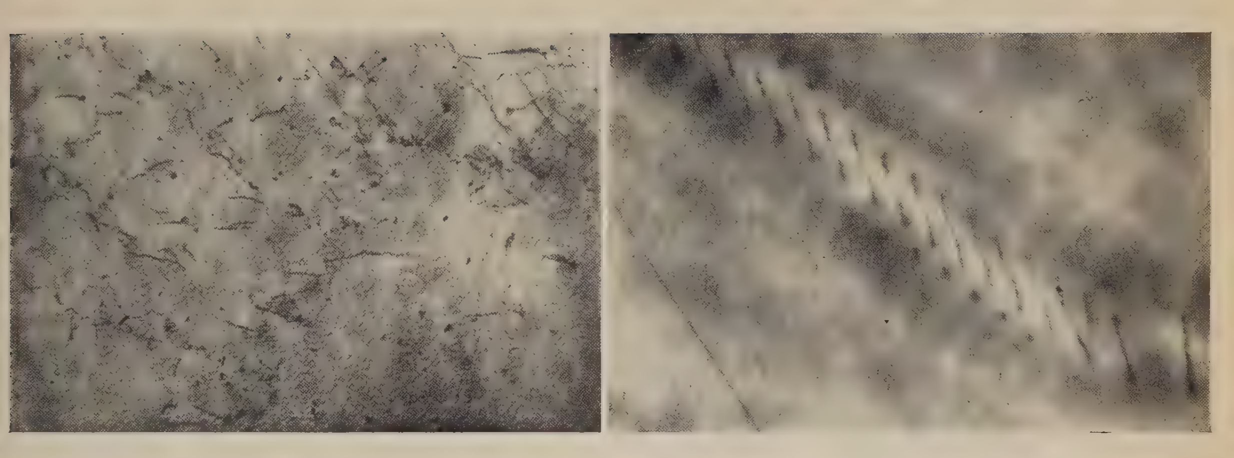


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Fer de zone fondue écroui de 1 % par traction (G × 20 000).

Fig. 2. — Fer de zone fondue écroui de 1 % par traction,
recuit 2 h à 850°C (G × 45 000).

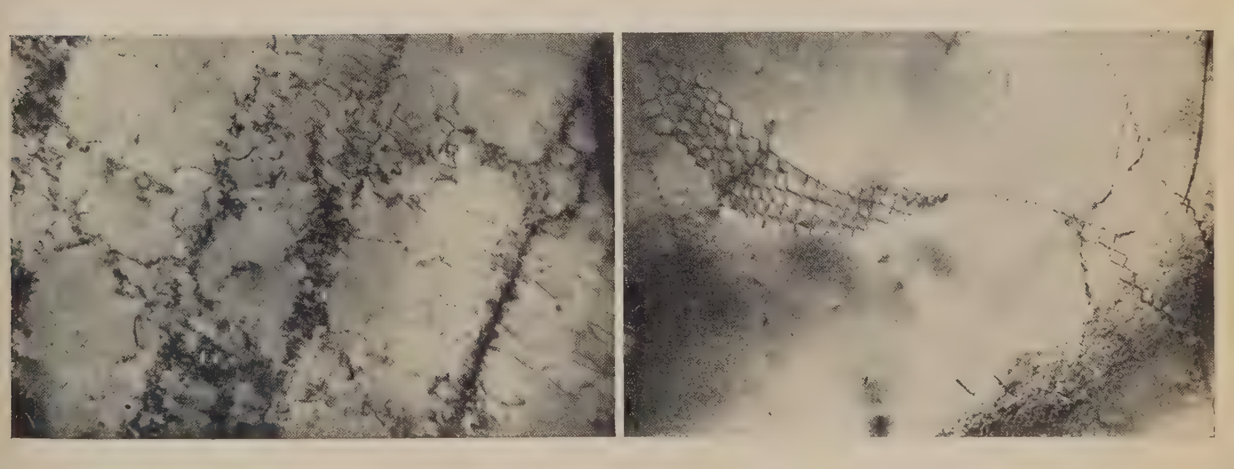


Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 3. — Fer de zone fondue écroui de 16 % par traction (G × 30 000).

Fig. 4. — Fer de zone fondue écroui de 16 % par traction,
recuit 2 h à 600°C (G × 20 000).

Par examen des diagrammes de microdiffraction, il est possible d'obtenir une valeur approximative de la désorientation introduite à l'intérieur d'un cristal. Pour une plage de 10 μ de diamètre, elle est d'environ de 1 à 2°.

Un recuit à 300°C n'apporte aucune modification visible. Au contraire après 2 h à 400°C d'une part on voit les dislocations groupées en parois plus fines que celles observées précédemment et d'autre part les blocs délimités par ces parois renferment moins de dislocations. Cette évolution se poursuit à mesure que la température augmente. Après un recuit de 2 h à 600°C les parois précédentes voient leur structure devenir plus régulière et dès lors peuvent être considérées comme des sous-joints de polygonisation. Par contre des blocs ne sont pas encore totalement débarrassés de défauts linéaires.

La figure 4 montre l'un de ces sous-joints formé d'un réseau carré alternativement perpendiculaire puis incliné sur le plan de la feuille.

Enfin un recuit de 2 h à 850°C conduit à un métal parfaitement polygonisé et dont les sous-grains sont presque totalement exempts de dislocations. L'aspect de ce métal ne diffère de celui qui a été observé après un écrouissage de 1 % que par la densité des sous-joints.

L'examen des diagrammes de microdiffraction montre qu'à l'intérieur d'une plage d'un diamètre de 10 μ, la désorientation moyenne reste du même ordre de grandeur qu'avant recuit. Elle apparaît par contre beaucoup plus discontinue.

En conclusion, nous montrons que dans le fer très pur de « zone fondue » écroui par traction, l'arrangement initial des dislocations dépend du taux d'écrouissage subi. Après un recuit de 2 h à 850°C par contre, nous obtenons dans tous les cas un métal entièrement polygonisé. Le taux d'écrouissage initial n'a d'influence que sur la taille des sous-grains.

(1) C. Messager et P. Morgand, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2701.
(2) J. Talbot, Ph. Albert et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1577.
(3) C. Messager, *Thèse*, Paris, 1961 (sous presse).

(*Laboratoire de Vitry du C. N. R. S.*)

Remarque au sujet de la Note précédente,

par M. **Georges Chaudron**.

Il s'agit dans cette nouvelle Note, qui est particulièrement importante par ses conclusions, de l'évolution du fer de zone fondue relativement moins écroui que le fer laminé qui avait été étudié dans une Note antérieure (1). Dans les expériences précédentes, l'évolution aboutissait à l'état recristallisé. Au contraire, dans le présent travail, le métal de zone fondue tend vers une structure polygonisée. Il s'agit donc d'une confirmation

par une méthode directe du processus de formation de la sous-structure (état polygonisé).

L'ensemble des expériences qui avaient été effectuées antérieurement au moyen de la microscopie optique et par la technique des rayons X a été développé dans un rapport de Jean Talbot (²).

D'autre part, il est possible d'introduire dans l'échantillon de fer de zone fondue des quantités données très petites de carbone par cémentation (³) et d'étudier ces phénomènes en fonction de la teneur croissante en carbone. Ce sont ces expériences qui sont poursuivies par M. Morgand par la microscopie électronique.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(¹) C. Messager et P. Morgand, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2701.

(²) *Nouvelles propriétés physiques et chimiques des métaux de très haute pureté, Colloque international du C. N. R. S.*, Paris, octobre 1959, p. 163.

(³) J. Talbot, C. de Beaulieu et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 818; J. Talbot, *Thèse*, Paris, 1955.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Transfert de masse en rectification sous pression réduite.* Note (*) de MM. **Henry Brusset** et **Jacques Peuscet**, transmise par M. Paul Pascal.

Les deux domaines d'efficacité correspondant au fonctionnement d'une colonne de rectification à parois mouillées sont peu modifiés pour différentes pressions.

Les symboles utilisés sont les suivants :

x, titre du liquide en composant le plus volatil;

$y^\star$, titre de la vapeur en équilibre avec le liquide de titre x;

y, titre de la vapeur en composant le plus volatil;

N_G, nombre d'unité de transfert;

H_G, hauteur d'unité de transfert $= Z/N_G$;

Z, hauteur en centimètres du tube de rectification;

$(Re)_G$, nombre de Reynolds de l'écoulement de la vapeur mesuré en bas du tube de rectification.

Nous avons choisi comme mélange binaire un mélange d'isooctane et de toluène. Les différentes données ébulliométriques nécessaires à l'étude prévue ont été obtenues grâce à un ébulliomètre dynamique à recyclage pour les quatre pressions : 760, 500, 200 et 50 mm. A partir de ces résultats, le nombre d'unités de transfert N_G a été obtenu en fonction du titre x du liquide en planimétrant, de façon mécanique, les courbes $1/(y^\star - x) = f(x)$. La base de l'intégrale définie N_G a été prise égale à $x = 0,10$ $\left(\text{on a } N_G = \int_{0,10}^{x} dx/(y^\star - x)\right)$, ce qui fournit le tableau suivant :

	760 mm.		500 mm.		200 mm.		50 mm.	
x.	$y^\star$.	N_G.	$y^\star$.	N_G.	$y^\star$.	N_G.	$y^\star$.	N_G.
0,10......	0,150	0	0,158	0	0,195	0	0,208	0
0,20......	0,275	1,60	0,290	1,32	0,325	0,93	0,354	0,65
0,30......	0,387	2,72	0,400	2,37	0,430	1,68	0,462	1,32
0,40......	0,490	3,90	0,500	3,37	0,520	2,48	0,592	2,00
0,50......	0,575	5,04	0,595	4,40	0,607	3,33	0,630	2,76
0,60......	0,667	6,44	0,680	5,56	0,684	4,43	0,703	3,64
0,70......	0,749	8,02	0,760	7,11	0,759	5,87	0,766	4,84
0,80......	0,833	10,20	0,838	9,22	0,825	8,08	0,844	6,74
0,90......	0,917	-	0,924	-	0,914	-	0,922	-
1.......	1		1		1		1	

L'appareillage utilisé en rectification comportait un tube cylindrique vide où le liquide, condensé au réfrigérant, descendait en film le long des parois alors que la vapeur montait au centre du tube. Un calorifugeage soigné et des résistances chauffantes compensaient les pertes thermiques latérales. Avant la réintroduction du reflux, un système de réchauffage

amenait le liquide à environ 1°C de son point d'ébullition pour éviter au maximum le phénomène de douche froide.

Les résultats suivants ont été obtenus : les nombres de Reynolds Re_G sont déduits du débit mesuré à la base de la colonne :

(1) 500 mm.		(2) 200 mm.		(3) 50 mm.	
$(Re)_G$.	H_G.	$(Re)_G$.	H_G.	$(Re)_G$.	H_G.
283	17,40	168	13,70	152	14,01
493	23,12	392	19,94	492	24,67
787	27,97	480	20,08	927	30,08
909	29,01	549	21,51	1 291	36,81
1 347	34,74	887	27,50	1 320	37,27
2 010	37,70	1 040	29,89	1 780	41,45
2 851	41,20	1 342	33,10	1 925	45,67
3 996	38,74	1 712	34,49	2 493	43,40
6 953	43,02	2 386	38,84	2 783	43,40
		2 825	40,32	2 992	46,83
		4 310	40,88	4 250	45,81
		5 300	39,36	5 480	49,02
		7 426	44,31		

(4) 760 mm.		(5) 760 mm.		(6) 760 mm.	
$(Re)_G$.	H_G.	$(Re.)_G$	H_G.	$(Re)_G$.	H_G.
308	14,63	832	23,60	273	17,10
502	18,40	1 020	35,50	429	22,05
724	21,82	1 213	29,36	653	25,60
1 061	27,61	1 396	30,57	975	33,33
1 266	28,96	1 798	34,74	1 204	33,56
1 351	28,62	2 011	32,10	1 289	36,90
1 674	29,19	2 806	34,98	1 674	30,20
2 341	31,75	3 408	36,18	2 106	33,18
3 618	34,66	4 690	37,37	2 656	35,74
4 608	35,74	5 491	39,57	4 433	37,65
6 179	37,18			4 679	37,56
6 742	36,63			6 990	39,51

Les résultats 1, 2, 3 ont été obtenus avec un chauffage latéral et un titre voisin de 0,23; le résultat 4 avec un chauffage latéral et le titre 0,25; le résultat 5 sans chauffage latéral et le titre 0,30; le résultat 6 avec chauffage latéral et le titre 0,53.

Nous avons constaté que, malgré les précautions prises, le fonctionnement de la colonne n'était pas complètement adiabatique puisque les débits les plus faibles observables en bas du tube étaient loin d'être nuls. Pour obtenir une formulation correspondant au régime adiabatique nous avons employé la méthode de correction décrite précédemment [1]. La comparaison des résultats des colonnes 4 et 5 du tableau ci-dessus montre l'efficacité des protections thermiques utilisées.

Il est, d'autre part, certain que, la diminution de la pression entraînant

une baisse de la température de fonctionnement de l'appareil, les échanges thermiques sont de plus en plus faibles quand on passe de la pression de 760 mm à celle de 50 mm : ce que l'on constate en comparant les plus faibles nombres de Reynolds atteints aux différentes pressions.

La diminution de la pression semble entraîner, à débit constant, une légère augmentation de la hauteur d'unité de transfert. L'augmentation du titre moyen entraîne aussi, à débit constant, une augmentation de la hauteur d'unité de transfert H_G mais cette variation de H_G reste très faible pour les forts nombres de Reynolds alors qu'elle est plus importante pour les faibles nombres de Reynolds.

Ces expériences montrent que la variation de H_G en fonction de $(Re)_G$ présente deux domaines distincts correspondant à l'écoulement laminaire ou turbulent de la vapeur dans le tube. Elle conduit à des formules du type : $H_G = a[(Re)_G]^n$ où l'on a, suivant les conditions expérimentales :

dans le domaine laminaire : $0{,}43 < n < 0{,}58$;

dans le domaine turbulent : $0{,}07 < n < 0{,}11$.

Les corrections thermiques (¹) appliquées à ces résultats permettent d'obtenir :

dans le domaine laminaire : $0{,}38 < n < 0{,}41$;

dans le domaine turbulent : $0{,}04 < n < 0{,}09$.

La réduction de l'écart entre les valeurs de n est un argument en faveur de la méthode de correction employée pour atteindre la variation due à un fonctionnement parfaitement adiabatique.

(*) Séance du 24 mai 1961.

(¹) J. PEUSCET, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3048.

(*Centre de Recherches de Chimie, École Centrale des Arts et Manufactures, 1, rue Montgolfier, Paris, 3e.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Mise en évidence d'une réaction d'ordonnance des lacunes dans le sulfure d'indium* In_2S_3. Note (*) de MM. **Henri Hatwell**, **Georges Offergeld**, **Claude Hérinckx** et **Jean Van Cakenberghe**, présentée par M. Georges Chaudron.

Au cours d'une étude sur les spinelles incomplets, notre attention a été attirée par la structure du sulfure d'indium In_2S_3 décrite par H. Hahn et W. Klinger [1] et appartenant à cette famille de composés.

Le spectre de diffraction des rayons X des poudres microcristallines ne peut cependant être entièrement indexé dans le système cubique, un certain nombre de réflexions de faible intensité ayant été négligées ou mal indexées par H. Hahn et W. Klinger.

C. J. M. Rooymans [2] a montré qu'on pouvait indexer la totalité des raies du diagramme selon un modèle tétragonal dérivé du spinelle par la superposition de trois cubes de l'assemblage cubique compact du soufre ($c/a = 3$). Les coordonnées des interstices octaédriques occupés par un cation d'indium sont les mêmes que pour la structure spinelle. Par contre, et pour satisfaire la stœchiométrie du composé In_2S_3, quatre interstices tétraédriques par cellule unité, normalement occupés dans le spinelle, sont vacants dans le sulfure d'indium. C'est l'ordonnance de ces lacunes tétraédriques [3] selon les coordonnées données par C. J. M. Rooymans, qui conduit au modèle tétragonal.

Nous avons préparé par synthèse à partir des éléments et solidification contrôlée dans un gradient de température, de petits lingots de In_2S_3. L'attaque thermique révélait la cristallisation à très gros grains (de l'ordre du centimètre carré). Les monocristaux se clivaient aisément sur une face (111) dans l'indexation cubique [(103) dans l'indexation tétragonale de Rooymans].

Cependant, l'attaque métallographique révélait la présence de sous-grains orientés et rappelant fortement les macles de recristallisation des métaux cubiques à faces centrées.

L'observation par transparence, entre nicols croisés, de monocristaux dont l'épaisseur était réduite par abrasion à quelques centièmes de millimètre a permis d'établir avec certitude que dans chaque monocristal il se trouvait trois (et seulement trois) orientations de sous-grains (*fig.* 1). Lorsque la face (111) de clivage est bien parallèle à la platine du microscope, les extinctions se produisent à 30 et 60° du réticule vertical de l'oculaire.

Le modèle proposé par Rooymans permet une interprétation très satisfaisante de cette observation. Pour bien visualiser le modèle, il est pratique de construire le cristal par l'empilement des plans (111) du spinelle (plans compacts de soufre). La projection (111) (*fig.* 2) montre bien comment l'ordonnance des lacunes tétraédriques sur des rangées [101] détruit la

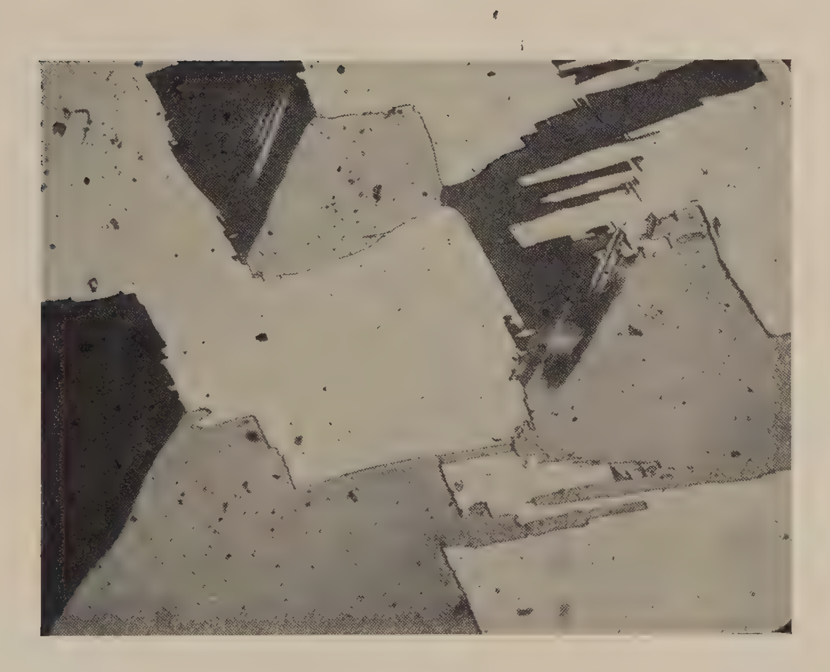
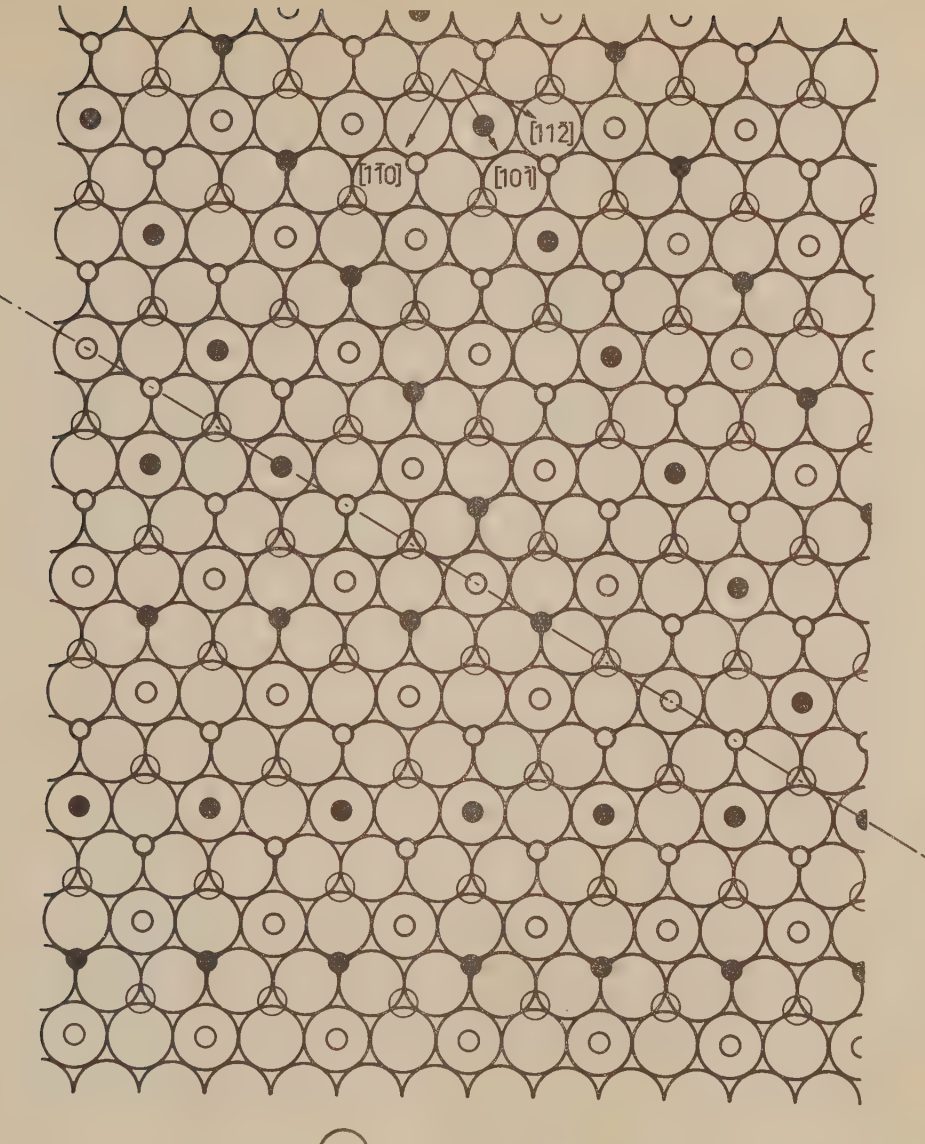


Fig. 1. — Aspect micrographique d'un échantillon de 0,03 mm d'épaisseur de sulfure d'indium In_2S_3, observé par transparence entre nicols croisés. Les sous-grains apparaissent avec trois couleurs différentes, témoignant de l'existence de trois orientations cristallines (G × 70).



atome de soufre

atome d'indium
en position octaédrique

atome d'indium
en position tétraédrique

lacune tétraédrique

Fig. 2. — Projection sur un plan (111) d'atomes de soufre de la couche mixte d'atomes d'indium tétraédriques et octaédriques. Construction d'un joint de domaine d'antiphase en position de macle.

symétrie d'ordre 3 cubique pour conduire à la symétrie d'ordre 2 du système tétragonal.

Il en résulte qu'à partir d'un réseau de soufre d'orientation donnée, il est possible de construire la cellule tétragonale selon trois orientations et seulement trois orientations. Nous en concluons que le sulfure d'indium existe à haute température sous une forme désordonnée, les atomes d'indium tétraédriques occupant des positions au hasard dans le réseau. Il s'agit donc d'une réaction identique à celle décrite par I. Behar et R. Collongues [4] dans la phase sesquioxyde de fer.

Les sous-grains observés sont des domaines d'antiphase, mais les exigences cristallographiques font qu'ils se trouvent toujours en position de macle. De ce fait, comme dans les métaux cubiques à faces centrées, leur croissance est conditionnée par le mouvement de dislocations partielles et il existe un minimum d'énergie très marqué pour un accolement cohérent (joints droits).

En reportant sur une projection stéréographique la trace des joints de domaine rectilignes, nous avons déterminé que les plans d'accolement cohérents étaient les trois plans $(1\bar{1}0)$, $(01\bar{1})$, $(10\bar{1})$ (*fig.* 2).

D'autre part, nous avons établi par analyse thermique que le sulfure d'indium au cours du refroidissement, depuis sont point de fusion, passe par deux points de transition : l'un à 750° et l'autre à 420°.

L'examen du comportement des domaines d'antiphase après des recuits à différentes températures permet d'affirmer que la réaction d'ordonnance des lacunes se produit à 420°. La nature de la transition à 750° n'est pas encore élucidée.

(*) Séance du 24 mai 1961.

(1) H. Hahn et W. Klinger, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 260, 1949, p. 97.

(2) C. J. M. Rooymans, *J. Inorg. and Nuclear Chemistry*, 11, 1959, p. 78.

(3) Tout au cours de l'exposé nous utilisons le terme « lacunes tétraédriques » pour les sites tétraédriques vacants dans le In_2S_3 (spinelle incomplet) et qui sont occupés par un cation dans la structure spinelle normale.

(4) I. Behar et R. Collongues, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 617.

(*European Research Associates, s. a.,*
95, *rue Gatti-de-Gamond, Bruxelles,* 18e.)

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la loi de variation de la conductivité électrique de l'oxyde cuivreux en fonction de la pression d'oxygène d'équilibre à haute température.* Note (*) de MM. **Alain Duquesnoy** et **Fernand Marion**, présentée par M. Georges Chaudron.

Les auteurs montrent que la loi de variation de la conductivité électrique de l'oxyde cuivreux en fonction de la pression d'oxygène d'équilibre $\sigma_{Cu_2O} = \sigma_0\, p_{O_2}^n$ est vérifiée entre 900 et 1100° dans toute l'étendue de son domaine d'équilibre (σ_0 et n, fonctions de la température). Les valeurs du coefficient n sont déterminées avec précision.

L'oxyde cuivreux Cu_2O est un composé non stœchiométrique par défaut de cuivre. C'est un semi-conducteur de type p et sa formule s'écrit, en désignant par □ une lacune de cuivre : $(Cu^{+}_{2-2x}Cu^{++}_{x}\square_x O^{--})$. A température déterminée, le domaine d'équilibre de l'oxyde cuivreux dans l'échelle des pressions partielles d'oxygène est limité par les deux pressions d'oxygène limites définies par les deux équilibres :

(1) $$2\,Cu + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons Cu_2O$$ (côté cuivre),

(2) $$Cu_2O + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons 2\,CuO$$ (côté oxyde cuivrique).

Ces deux équilibres ont été longuement étudiés [(1) à (4)] et les pressions d'oxygène correspondantes sont connues en fonction de la température.

En 1932 Wagner et ses collaborateurs (5), (6) ont montré qu'à 900°, la conductivité de Cu_2O était proportionnelle à $p_{O_2}^{1/7}$. Nous avons repris cette étude pour vérifier si une loi du type $\sigma_{Cu_2O} = \sigma_0\, p_{O_2}^n$ (σ_0 et n, fonctions de la température) était valable dans la totalité du domaine d'équilibre de l'oxyde cuivreux et pour préciser les valeurs du coefficient n.

L'appareil utilisé (*fig.* 1) comprend essentiellement deux parties :

— un saturateur à pression d'oxygène connue, constitué par un four rempli de Co_3O_4 porté à température constante. Le Co_3O_4 se dissocie suivant la réaction $Co_3O_4 \rightleftharpoons 3CoO + 1/2\, O_2$ dont la constante d'équilibre $K_p = p_{O_2}^{1/2}$ est connue avec précision (7);

— un fil d'oxyde cuivreux placé dans un four laboratoire à température constante. Ce fil d'oxyde est obtenu par simple oxydation d'un fil de cuivre électrolytique maintenu par deux fils de platine conducteurs.

Cet appareil nous permet de faire varier de façon continue de 1 à 10^{-4} atm la pression d'oxygène dans de l'azote purifié (la pression limite d'oxygène de 10^{-4} atm est celle qui existe dans l'azote purifié utilisé).

Les résultats représentés dans la figure 2 (points expérimentaux représentés par des ●) montrent qu'entre 900 et 1100° la loi $\sigma_{Cu_2O} = \sigma_0\, p_{O_2}^n$ est très exactement suivie jusqu'à une pression d'oxygène de 10^{-4} atm.

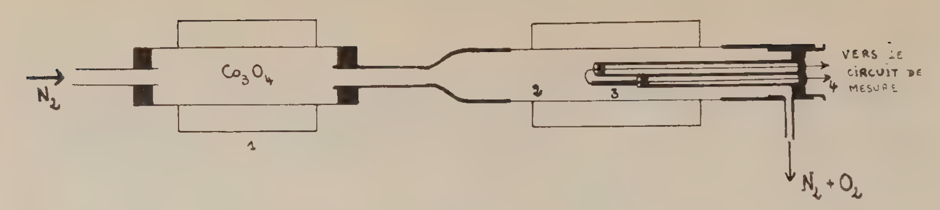


Fig. 1. — Dispositif expérimental.
1, four à Co_3O_4; 2, four laboratoire; 3, fil de Cu_2O;
4, fils conducteurs de platine isolés par des gaines de silice.

Fig. 2. — Variations de la conductivité électrique de Cu_2O
en fonction des pressions partielles d'oxygène
(droites isothermes, $\log \sigma_{Cu_2O} = \log \sigma_0 + n \log p_{O_2}$).

Nous avons obtenu les valeurs correspondantes aux conductivités de l'oxyde cuivreux en équilibre avec le cuivre ($p_{O_2} < 10^{-4}$ atm), en réduisant très lentement le fil de Cu_2O par de l'azote contenant des traces de vapeur d'alcool et en suivant la variation de résistance correspondante. Les pressions d'oxygène limites côté cuivre sont calculées à partir de l'équilibre

$$(1) \qquad 2\,Cu + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons Cu_2O.$$

On constate (points expérimentaux représentés par des ×) que les points trouvés se placent exactement sur le prolongement des droites

$$\log \sigma_{Cu_2O} = \log \sigma_0 + n \log p_{O_2}.$$

La loi $\sigma_{Cu_2O} = \sigma_0 p_{O_2}^n$ est donc vérifiée dans toute l'étendue de l'échelle des pressions d'oxygène d'équilibre avec les valeurs du coefficient n déterminées à $\pm$ 0,004 près (moyenne de plusieurs expériences) : $n_{(900°C)} = 0,15$; $n_{(1000°C)} = 0,16$; $n_{(1050°C)} = 0,16$; $n_{(1100°C)} = 0,16$.

Au-dessous de 850°C les réactions d'équilibre de l'oxyde cuivreux avec l'oxygène gazeux deviennent très lentes, ce qui ne nous permet pas d'étudier le phénomène en dessous de cette température.

Il est à remarquer que la valeur réelle de la conductivité électrique de l'oxyde cuivreux ne peut être atteinte par nos expériences qui se rapportent à un fil polycristallin d'oxyde. La valeur de la conductivité pour un fil de Cu_2O donné dépend, en plus de la longueur et de la section du fil, de plusieurs facteurs non exactement reproductibles : état de division et état de frittage de l'oxyde. Cependant quels que soient les fils utilisés, nous avons toujours retrouvé les mêmes valeurs du coefficient n et la même loi de variation isotherme de la conductivité en fonction de la pression d'oxygène d'équilibre.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) M. Randall, R. F. Nielsen et G. H. West, *Ind. Engg. Chem.*, 23, 1931, p. 388-400.

(2) M. de Kay Thompson, *The total and free energies of formation of the oxides of thirty-two metals*, New-York, 1942, p. 26-32.

(3) W. Lange, *Die thermodynamischen Eigenschaften der Metalloxyde*, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1949.

(4) F. D. Rossini, D. D. Wagman, W. H. Evans, S. Levine et I. Jaffe, *Circ. Bur. Stand.*, n° 500, 1952.

(5) H. Dünwald et C. Wagner, *Z. physik. Chem.*, (B), 17, 1932, p. 467; 22, 1933, p. 212.

(6) J. Gundermann, K. Hauffe et C. Wagner, *Z. physik. Chem.*, (B), 37, 1937, p. 148.

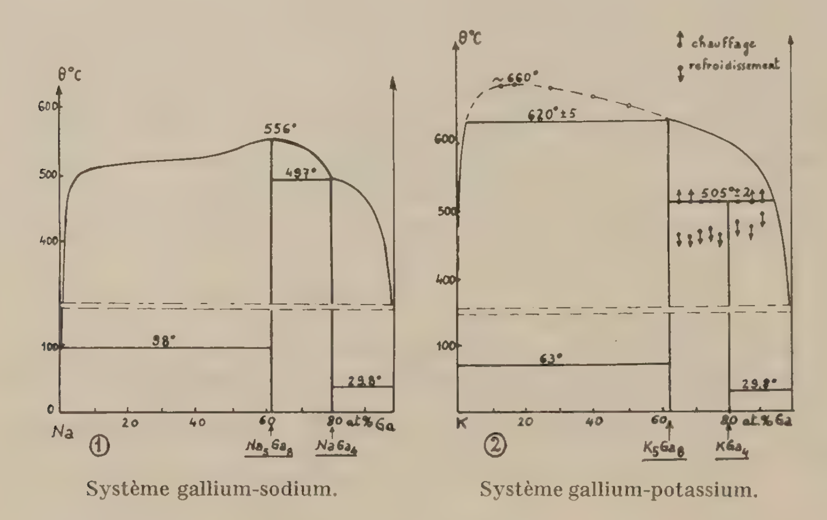
(7) K. K. Kelley et J. P. Coughlin, *Contributions to the Data on Theoretical Metallurgy* (*Bulletins of the Bureau of Mines*), U. S. Dept. of the Interior, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.

(*Laboratoire de Métallurgie, Faculté des Sciences, Lille.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *L'action des métaux alcalins sur le gallium.* Note de MM. **Émile Rinck** et **Pierre Feschotte**, présentée par M. Georges Chaudron.

Le sodium et le potassium se combinent au gallium pour donner naissance, dans chaque système, à deux composés définis fondant à température élevée. Deux de ces composés se forment par une réaction péritectique et leur formule a été établie grâce à la centrifugation sous vide qui permet de les isoler à l'état pur, par séparation du gallium liquide en excès.

En raison de leur caractère fortement électropositif, les métaux alcalins constituent un réactif de choix pour étudier le passage progressif de la liaison métallique à la liaison ionique, selon qu'ils sont combinés avec d'autres métaux ou avec des métalloïdes. C'est ainsi qu'ils donnent avec des métaux comme le zinc, le gallium et le germanium un certain nombre de composés définis dont aucun ne suit les règles normales de valence. Avec l'arsenic et le sélénium, ils forment par contre des composés nettement salins (Na_3As, Na_2Se) ainsi qu'un certain nombre de combinaisons à valence anormale, tous moins riches en métal alcalin.



Système gallium-sodium. Système gallium-potassium.

C'est en vue de pouvoir établir les tableaux comparatifs I et II que nous avons entrepris l'étude des systèmes gallium-sodium et gallium-potassium qui étaient inconnus jusqu'ici.

Système gallium-sodium. — Le diagramme thermique en a été étudié dans une Note précédente [1] (*fig.* 1); les mesures de résistivité ont confirmé l'existence et la formule du composé Na_5Ga_8, tandis que la seconde combinaison se formant à 497°C par une réaction péritectique ne pouvait guère s'étudier que par la méthode de Tammann. Après un recuit de 6 h à 480°C,

nous avons constaté que le plus long palier de fusion correspondait approximativement à la formule $NaGa_3$. La méthode de centrifugation décrite plus bas nous a permis d'isoler, par séparation du gallium liquide en excès, cette combinaison à l'état pur et l'analyse chimique montre qu'elle contient 80 at. % de gallium. Sa véritable formule est donc $NaGa_4$ et l'équilibre invariant qui s'établit à 497°C doit s'écrire :

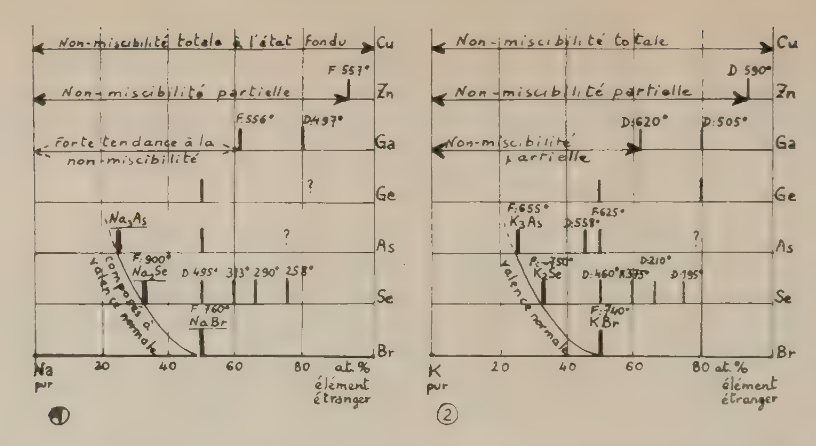
$$Na_5Ga_8\text{ (solide)} + 12\ Ga\text{ (liquide)} \rightleftharpoons 5\ NaGa_4\text{ (solide)}.$$

Système gallium-potassium. — En raison de la grande volatilité du potassium à la température de 680°C qui est nécessaire pour homogénéiser le bain fondu, nous avons mis au point une méthode spéciale d'analyse thermique rapide : en effet, seules des vitesses de chauffage et de refroidissement atteignant 50-60°C/mn permettent de limiter les pertes de potassium par volatilisation et par attaque du creuset de pyrex. A la condition d'opérer sur des volumes d'alliages relativement petits, de l'ordre de 3 à 5 ml, on constate que l'erreur systématique introduite dans la mesure des points de transformation n'excède pas 2°C. Les autres conditions expérimentales ont été décrites à propos du système gallium-sodium.

Résultats. — Le système gallium-potassium se caractérise par l'existence d'une lacune de miscibilité à l'état fondu qui tendait à se former, sans pourtant apparaître, dans la partie du diagramme gallium-sodium riche en métal alcalin (*fig.* 1). La phase potassium disparaît pour la teneur de 62-63 at. % de gallium, de sorte que la combinaison cristallisant à 620±5°C correspond à la formule K_5Ga_8. Ce composé, comme son homologue Na_5Ga_8 se solidifie avec une forte augmentation de volume qui a singulièrement compliqué son étude expérimentale.

Le deuxième composé, plus riche en gallium, se forme à 505 ± 2°C : il se distingue par une forte tendance au retard à la transformation, qui peut atteindre 40°C, et par une chaleur de cristallisation extrêmement faible : la méthode de Tammann étant dès lors impraticable, nous avons cherché à isoler cette combinaison par centrifugation. Le diagramme d'état (*fig.*2) montre qu'en refroidissant des alliages contenant plus de 95 at. % de gallium dans un tube de verre, on obtient ce composé au sein d'un excès de gallium. Le tout, placé dans un tube scellé, est soumis à la centrifugation qui permet de chasser quantitativement le gallium liquide; l'analyse chimique des aiguilles brillantes ainsi séparées conduit en effet d'une manière très reproductible à la formule KGa_4. Les composés qui se forment dans les deux systèmes étudiés ont donc des formules identiques.

Étude comparée. — Les tableaux I et II où ces résultats ont été reportés et complétés d'après [2] et [3], montre qu'on peut envisager un lien de continuité entre les différents diagrammes d'état que les métaux alcalins donnent avec la série d'éléments comprise entre le cuivre et le brome. Les constations suivantes peuvent en effet s'en déduire :



Tableaux I et II. — Étude comparée des combinaisons se formant entre les métaux alcalins et les éléments du cuivre au brome.

1° la non-miscibilité à l'état fondu, totale avec le cuivre comme d'ailleurs très probablement avec les trois éléments précédents (Fe, Co, Ni), diminue avec le zinc pour disparaître avec le gallium s'il est mélangé au sodium; en présence de potassium, elle subsiste encore faiblement. Il semble que la formation d'un composé défini soit incompatible avec la non-miscibilité à l'état fondu, ce qui expliquerait des formules aussi étranges que $NaZn_{13}$ ou KZn_{13}, où la forte teneur en zinc correspond au fait que la zone de démixtion liquide envahit presque tout le diagramme.

2° Les règles de valence ne sont suivies qu'à partir de l'arsenic et encore, pour le composé le plus riche en métal alcalin seulement. Les autres combinaisons ne peuvent légitimement être considérées comme des sels que si l'élément associé au métal alcalin peut donner naissance, par décomposition dans l'ammoniac liquide, à un véritable anion. Zintl et Kaiser ont montré [4] que de tels anions ne se formaient qu'avec les quatre éléments précédant un gaz rare, ici Ge, As, Se et Br.

L'étude comparative des alliages ou des combinaisons d'un même élément avec une série continue d'éléments dont les numéros atomiques vont en croissant semble donc constituer une méthode d'association tout aussi féconde que celle qui consiste à comparer les systèmes groupés par familles d'éléments. Dans les deux cas, la connaissance exacte du plus grand nombre possible de systèmes binaires offre encore un vaste champ d'études.

(1) E. Rinck et P. Feschotte, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1525 et 251, 1960, p. 869.
(2) M. Hansen, *Constitution of binary alloys*, Mc Graw-Hill, 1958.
(3) F. W. Dorn, W. Klemm et S. Lohmeyer, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 309, 1961, p. 204.
(4) E. Zintl et H. Kaiser, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 211, 1933, p. 121.

(*Laboratoire de Chimie appliquée de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Paris.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation des solutions solides avant la fusion, dans le système réciproque* AgCl-KBr. Note (*) de Mme **Ginette Watelle-Marion**, M. **Roger Boyer** et Mlle **Michèle Vaufrey**, présentée par M. Louis Hackspill.

En milieu solide, la réaction AgCl + KBr ⇌ AgBr + KCl qui a d'abord lieu, est caractérisée par la dissimulation de KCl aux rayons X. La diffusion ionique conduit ensuite à l'obtention de deux mixtes Ag (Cl, Br) à partir des réseaux de AgCl et de AgBr et d'une solution solide unique K (Cl, Br). En milieu hétérogène, l'équilibre obtenu après fusion est rapidement atteint.

Nous avons signalé précédemment [1], [2] l'obtention de solutions solides à cations communs Ag(Cl, Br) et K(Cl, Br) après fusion et refroidissement des mélanges AgCl + KBr. La présente Note est relative à l'étude du processus de formation de ces sels mixtes soit en phases solides soit en milieu hétérogène solide-liquide.

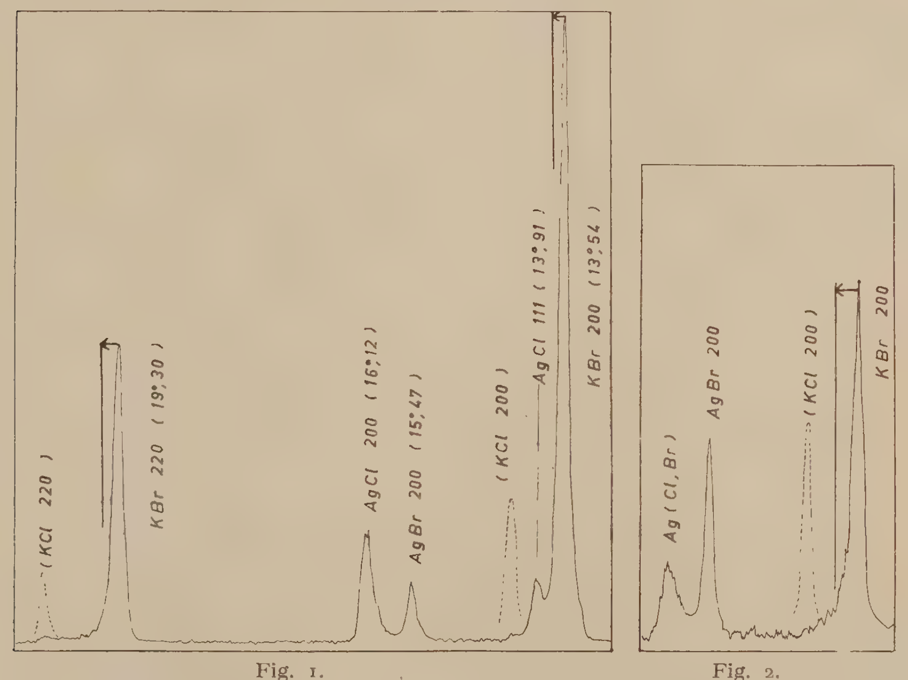


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Mélange équimoléculaire pulvérulent AgCl + KBr, chauffé 25 jours à 200°C.

Fig. 2. — Mélange équimoléculaire pastillé AgCl + KBr, chauffé 5 h 30 mn à 280°C.

L'analyse par diffractométrie à compteur des produits obtenus en fonction des différents facteurs cinétiques a fourni les résultats suivants :

1. *Réaction à l'état solide.* — La réaction de double décomposition, qui a d'abord lieu, se manifeste par l'apparition sur les diffractogrammes de

l'unique réseau de AgBr, près de ceux de AgCl et de KBr non transformés. L'absence du réseau de KCl fut constatée quel que soit l'état de division des sels, leur degré hygrométrique, la pression de pastillage ou le mode de préparation de l'échantillon qui correspond à l'une des trois méthodes suivantes :

a. Les halogénures AgCl et KBr, pulvérisés séparément en grains de 10 à 30 μ, sont mélangés en proportions équimoléculaires, pastillés ou non et abandonnés à une température comprise entre 25 et 285°C.

La réaction a lieu dès la température ambiante pour des sels non desséchés. Si la dessiccation est réalisée à 150°C sous 10^{-3} mm Hg le réseau de AgBr n'est visible qu'après un contact de plusieurs heures à 200°C.

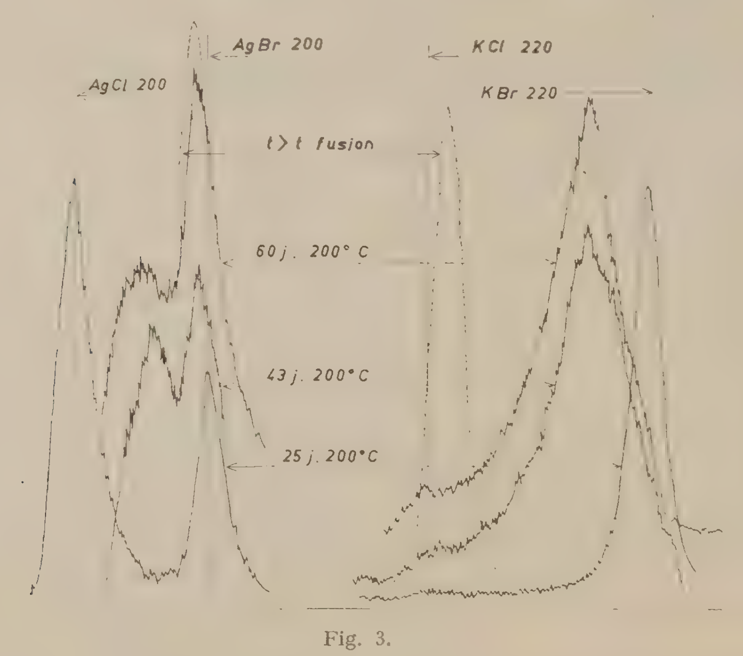


Fig. 3.

Fig. 3. — Évolution, en fonction du temps, de deux groupes de raies relatives au mélange équimoléculaire AgCl + KBr chauffé à 200°C.

b. Les sels initiaux sont pastillés séparément et maintenus en contact par pression. L'observation microscopique montre l'apparition des cristaux cubiques de AgBr sur la surface de la pastille de AgCl. Les diffractogrammes des faces en contact révèlent la présence de AgCl et de AgBr pour l'une d'elles et seulement de KBr pour l'autre.

c. Un monocristal de KBr noyé dans la poudre de AgCl et abandonné un mois à 200°C perd sa transparence après réaction et montre une attaque suivant ses plans de croissance. De ce cristal, dont le réseau demeure inchangé, se détache une croûte jaune épousant les cavités de la corrosion et contenant les halogénures AgCl et AgBr.

Les figures 1 et 2 montrent les diffractogrammes partiels de deux mélanges équimoléculaires AgCl + KBr chauffés respectivement 25 jours à 200°C et 5 h 30 mn à 280°C. On remarque, à la place des raies principales de KCl, un faible épaississement du fond continu et le profil légèrement dissymétrique des raies de KBr. Toutefois ces observations ne semblent pas en rapport avec la quantité de KCl formé au cours de la réaction. En effet une étude par planimétrie du rendement de la réaction a montré que 23,5 % en moles de AgCl se sont transformés en bromure dans le premier cas et 52 % dans le second. Ce pourcentage est également celui de KCl formé. Si cet halogénure était cristallisé les raies de son réseau auraient les intensités représentées en pointillés (*fig.* 1 et 2). Si la formation du mixte homogène K(Cl, Br) était immédiate, on observerait un déplacement des raies du réseau de KBr représenté par des traits verticaux accompagnés d'une flèche. La dissimulation partielle de KCl aux rayons X suggère l'hypothèse de l'existence à l'état amorphe de la presque totalité de KCl, une faible partie seulement entrant en solution avec KBr.

Si la durée de contact est prolongée dans ce domaine de température, on observe à partir de 35 jours à 200°C ou de 6 h à 280°C une modification nette de l'aspect des diffractogrammes. Les raies de chaque réseau deviennent épaisses et accidentées montrant la formation d'une série de solutions solides de diverses concentrations, la position des maximums renseignant sur leur composition moyenne. La figure 3 rend compte de cette évolution, en fonction de la durée de chauffe, pour les plans (200) des halogénures d'argent et (220) des halogénures de potassium. Elle montre l'apparition de deux solutions solides Ag(Cl, Br) et d'une seule solution solide K(Cl, Br). Une diminution très nette de la vitesse de réaction est observée lorsque les deux mixtes Ag(Cl, Br) contiennent respectivement 50 et 92 % de AgBr; la teneur moyenne de K(Cl, Br) en KCl est alors de 25 %. Rappelons qu'après fusion et refroidissement les compositions des solutions solides obtenues à partir d'un mélange initial équimoléculaire sont respectivement 11,8 % AgCl, 88,2 % AgBr, et 11,8 % KBr, 88,2 % KCl.

2. *Réaction en phases solide-liquide.* — Tous les mélanges étudiés, portés quelques minutes à une température supérieure à celle du solidus ont fourni des solutions solides de compositions identiques à celles obtenues pour ces mêmes mélanges après fusion complète.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) G. WATELLE et M. VAUFREY, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 885.

(2) G. WATELLE et R. BOYER, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1962.

(*Laboratoire de Chimie M. P. C.,*
Faculté des Sciences, Dijon, Côte-d'Or.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Additions nucléophiles sur l'α-cyanostyrène et le β-méthyl α-cyanostyrène.* Note (*) de MM. **Alain Vigier** et **Jacques Dreux**, présentée par M. Marcel Delépine.

Un certain nombre de molécules possédant un atome d'hydrogène mobile sont condensées sur l'α-cyanostyrène et le β-méthyl α-cyanostyrène. Le β, β-diméthyl α-cyanostyrène ne donne pas, dans les mêmes conditions, de produit d'addition.

Dans une précédente Note [1], l'action des cétones aliphatiques et cyclaniques sur l'α-cyanostyrène a été examinée, nous poursuivons cette étude par l'addition, sur l'α-cyanostyrène et le β-méthyl α-cyanostyrène, de molécules possédant plusieurs groupements activants :

$$C_6H_5-\underset{\displaystyle CN}{C}=CH-R + X-CHY-Z \rightarrow C_6H_5-\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}-CHR-CXYZ.$$

Par exemple, la propiophénone (B) agissant sur le β-méthyl α-cyanostyrène (A) fournira le diméthyl-2.3 oxo-4 diphényl-1.4 butane carbonitrile (XIV) :

$$\begin{array}{ll} CH_3.CH_2.CO.C_6H_5 \quad (B) & \qquad CH_3.CH.CO.C_6H_5 \\ & \qquad\qquad | \\ + C_6H_5.\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{C}}=CH.CH_3 \quad (A) & \rightarrow C_6H_5.\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}.CH.CH_3 \end{array}$$

(XIV)

Afin de pouvoir comparer les rendements, nous avons opéré dans des conditions identiques; on place dans 200 ml de benzène, 1/4 mole de nitrile éthylénique, 1 mole de produit antagoniste (X—CHY—Z), 10 ml de potasse méthylique 3 N et un peu d'hydroquinone, chauffage à reflux de 30 mn après la fin de l'exothermicité.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

	Rendements %.	
	α-cyanostyrène.	β-métyl α-cyanostyrène.
Méthyléthylcétone	(I) 40 [1]	(XII) 20
Méthylbenzylcétone	(II) 55	(XIII) 76
Propiophénone	(III) 51	(XIV) 30
Désoxybenzoïne	(IV) 49	(XV) 46
Acétylacétone	(V) 48	
Acétylacétate d'éthyle	(VI) 59	(XVI) 63
Éthylacétylacétate d'éthyle	(VII) 57	
Malonate d'éthyle	(VIII) 62	(XVII) 44
Éthylmalonate d'éthyle	(IX) 53	
Cyanacétate d'éthyle	(X) 46	(XVIII) 66
Oxo—2 cyclopentane carbonitrile	(XI) 25	(XIX) 4

Nous avons vérifié la constitution des produits obtenus à partir de l'éthylacétylacétate d'éthyle et de l'éthylmalonate d'éthyle, en identifiant les produits de condensation (VII) et (IX) avec les composés préparés par action du cyanure de benzyle sur l'éthyl-hydroxyméthylacétylacétate d'éthyle et l'éthyl-hydroxyméthylmalonate d'éthyle [2].

Pour l'oxo-2 cyclopentane carbonitrile, le composé préparé (XI) se décomposant partiellement à la distillation, nous l'avons traité par le mélange de Bradsher pour obtenir l'acide (oxo-2 cyclopentyl)-3 phényl-2 propionique déjà décrit [3].

Méthyl-3 oxo-4 phényl-1 pentane carbonitrile (I) [1].

Oxo-4 diphényl-1.3 pentane carbonitrile $C_{18}H_{17}ON$ (II). — Solide, $É_{0,1}$ 151-152°; F 91-92° (éther de pétrole-benzène); *semicarbazone*, F 170-171° (alcool-eau).

Méthyl-3 oxo-4 diphényl-1.4 butane carbonitrile $C_{18}H_{17}ON$ (III). — $É_{0,2}$ 158-159°; n_D^{25} 1,564; *dinitro-2.4 phénylhydrazone*, F 169° (alcool méthylique).

Oxo-4 triphényl-1.3.4 butane carbonitrile $C_{23}H_{19}ON$ (IV). — Solide, $É_{0,3}$ 192°; F 96° (alcool éthylique); *dinitro-2.4 phénylhydrazone*, F 112-113° (alcool éthylique-acétate d'éthyle).

Acétyl-3 oxo-4 phényl-1 pentane carbonitrile $C_{14}H_{15}O_2N$ (V). — $É_{0,1}$ 143°; d_4^{25} 1,0966; n_D^{25} 1,5246; *disemicarbazone*, F 219-220° (alcool éthylique).

Acétyl-2 cyano-4 phényl-4 butyrate d'éthyle $C_{15}H_{17}O_3N$ (VI). — $É_{0,2}$ 144-145°; d_4^{25} 1,0977; n_D^{25} 1,5050; *dinitro-2,4 phénylhydrazone*, F 137-138° (alcool éthylique-benzène).

Acétyl-2 cyano-4 éthyl-2 phényl-4 butyrate d'éthyle $C_{17}H_{21}O_3N$ (VII). — $É_{0,3}$ 146°; d_4^{25} 1,0797; n_D^{25} 1,5027.

(*Cyano-2 phényl-2 éthyl*)-2 *malonate d'éthyle* $C_{16}H_{19}O_4N$ (VIII). — $É_{0,2}$ 144°; d_4^{25} 1,0983; n_D^{25} 1,4910.

Éthyl-2 (*cyano-2 phényl-2 éthyl*)-2 *malonate d'éthyle* $C_{18}H_{23}O_4N$ (IX). — $É_{0,5}$ 155°; d_4^{25} 1,0865; n_D^{25} 1,4900.

Dicyano-2.4 phényl-4 butyrate d'éthyle $C_{14}H_{14}O_2N_2$ (X). — $É_{0,3}$ 156°; n_D^{25} 1,5110.

Diméthyl-2.3 oxo-4 phényl-1 pentane carbonitrile $C_{14}H_{17}ON$ (XII). — $É_{0,}$ 119°; d_4^{25} 1,0234; n_D^{25} 1,5132; *semicarbazone*, F 208° (alcool éthylique).

Méthyl-2 oxo-4 diméthyl-1.3 pentane carbonitrile $C_{19}H_{19}ON$ (XIII). — Deux stéréoisomères solides; $É_{0,5}$ 163°; F 70-73° (alcool éthylique); *dinitro-2.4 phénylhydrazone*, F 165° (alcool éthylique-acétate d'éthyle); F 103° (éther de pétrole-benzène); *dinitro-2 phénylhydrazone*, F 218° (acétate d'éthyle).

Diméthyl-2.3 oxo-4 diphényl-1.4 butane carbonitrile $C_{19}H_{19}ON$ (XIV). — $É_{0,}$ 166°; *dinitro-2.4 phénylhydrazone*, F 194° (alcool éthylique-benzène).

Méthyl-2 oxo-4 triphényl-1.3.4 butane carbonitrile $C_{24}H_{21}ON$ (XV). — Deux stéréoisomères solides; F 125° (alcool méthylique) et F 141° (alcool méthylique).

Acétyl-2 cyano-4 méthyl-3 phényl-4 butyrate d'éthyle $C_{16}H_{19}O_3N$ (XVI). — $É_{0,3}$ 146°; d_4^{25} 1,0845; n_D^{25} 1,5026; *dinitro-2.4 phénylhydrazone*, F 159° (alcool éthylique-benzène).

(*Cyano-2 méthyl-1 phényl-2 éthyl*)-2 *malonate d'éthyle* $C_{17}H_{21}O_4N$ (XVII). — $É_{0,3}$ 149°; d_4^{25} 1,0914; n_D^{25} 1,4928.

Dicyano-2.4 méthyl-3 phényl-4 butyrate d'éthyle $C_{15}H_{16}O_2N_2$ (XVIII). — Solide; $É_{0,3}$ 159°; F 75° (alcool éthylique).

(*Cyano-1 oxo-2 cyclopentyl*)-2 *phényl-1 propane carbonitrile* $C_{16}H_{16}ON_2$ (XIX). — Solide, F 121° (alcool éthylique).

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) R. Longeray et J. Dreux, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 3007.

(2) R. Longeray et J. Dreux (sous presse).

( ) R. Longeray et J. Dreux, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 754.

(*Faculté des Sciences, Institut de Chimie,*
93, *rue Pasteur, Lyon,* 7e.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Accès aux acyl-4 et thio-acyl-4 dithiole-1.2, thiones-3.* Note (*) de M. **Jean Teste**, présentée par M. Marcel Delépine.

Par action du soufre sur l'α-méthylchalcone, on peut préparer facilement la benzoyl-4 phényl-5 dithiole-1.2 thione-3; ce dernier composé a été transformé par l'action du pentasulfure de phosphore en dérivé thiobenzoylé correspondant. De tels composés n'ont pas encore été décrits.

L'action du soufre sur les carbures éthyléniques (en particulier les alcénylbenzènes) pour donner les dithiole-1.2 thiones-3 est une réaction bien connue ([1]) à ([4]).

Par contre, l'action du soufre sur les cétones éthyléniques semble avoir été relativement peu étudiée. L. Legrand ([5]) a soumis un certain nombre de cétones éthyléniques à l'action du soufre ou du mélange de soufre et de pentasulfure de phosphore dans des conditions diverses :

— le soufre seul conduit à des composés thiophéniques; en particulier, la dypnone (β-méthylchalcone) donne le diphényl-2.4 thiophène selon la réaction

$$\begin{array}{l} CH{=}C{-}C_6H_5 \\ \quad | \qquad | \\ C_6H_5{-}CO \quad CH_3 \end{array} \xrightarrow[200^\circ]{S} C_6H_5{-}\text{(thiophène)}{-}C_6H_5$$

— le mélange soufre-pentasulfure de phosphore conduit à des dithiole-thiones selon le schéma

$$\begin{array}{l} R'{-}CO \\ R''{-}C{=}CH_2 \end{array} \xrightarrow[\text{diphényle}]{S+P_4S_{10}} \begin{array}{l} R'{-}C{=\!=\!=}S \\ R''{-}C{-}C(=S){-}S \end{array}$$

Dans un cas comme dans l'autre, la fonction cétone disparaît au cours de la sulfuration; il en est de même au cours des synthèses de dithiole-1.2 thiones-3 décrites par L. Legrand et N. Lozac'h ([6]) au départ de cétones saturées, de même squelette carboné.

Nous avons pensé pouvoir obtenir des dithiole-1.2 thiones-3 à partir de cétones éthyléniques tout en respectant le groupement carbonylé.

Dans ce but, nous avons soumis l'α-méthylchalcone à l'action du soufre dans le benzoate d'éthyle et obtenu effectivement la benzoyl-4 phényl-5 dithiole-1.2 thione-3 :

$$\begin{array}{l} C_6H_5{-}CH \\ C_6H_5{-}C(=O){-}C{-}CH_3 \end{array} \xrightarrow[210^\circ]{S} \underset{\text{(I)}}{\begin{array}{l} C_6H_5{-}C{=\!=\!=}S \\ C_6H_5{-}C(=O){-}C{-}C(=S){-}S \end{array}} \xrightarrow{P_4S_{10}} \underset{\text{(II)}}{\begin{array}{l} C_6H_5{-}C{=\!=\!=}S \\ C_6H_5{-}C(=S){-}C{-}C(=S){-}S \end{array}}$$

Par action de P_4S_{10} dans le xylène sur le composé (I) nous avons pu sulfurer à son tour le carbonyle situé en 5, ce qui confirme la structure de (I).

A notre connaissance, aucune acyl ni thio-acyl dithiole-thione, n'a encore été décrite.

Nous poursuivons la préparation et l'étude d'acyl et de thio-acyl dithiole-thiones diverses.

Partie expérimentale. — *Phényl-5 benzoyl-4 dithiole-1.2 thione-3* (I). — On dissout 57 g (0,257 mol) d'α-méthylchalcone préparée selon une modification du procédé décrit (7) dans 135 g de benzoate d'éthyle, et chauffe avec 80 g de soufre en fleur, à l'aide d'un bain métallique. On porte le mélange à reflux à 220° pendant 5 mn, temps nécessaire pour qu'il devienne homogène. On maintient ensuite à 210-215° pendant 2 h 45 mn.

On reprend le mélange encore chaud par le xylène, laisse reposer une nuit. On filtre, lave le soufre précipité au xylène et réunit les filtrats.

Cette solution a été traitée selon la méthode habituelle (1) : par addition de $HgCl_2$ en solution acétonique, on a formé un complexe mercurique orangé, qui fut isolé, puis décomposé par Na_2S en milieu aqueux en présence de benzène; on obtient finalement 36 g de cristaux orangés, soit environ 45 % de la théorie.

Par recristallisation dans le mélange acétate d'éthyle-éthanol puis dans le benzène, puis chromatographie sur alumine (mélange benzène-éther de pétrole) on obtient des paillettes orangées fondant à 110-111° (Maquenne) inchangé par nouvelle cristallisation.

Analyse : $C_{16}H_{10}OS_3$, calculé %, C 61,12; H 3,21; S 30,58; trouvé %, C 61,52-61,75; H 3,11-3,18; S 30,64-30,66.

Action du pentasulfure de phosphore. — On dissout 1,57 g soit 0,005 mol du composé précédent (I) dans 7 ml de xylène. On ajoute 1,5 g de P_4S_{10} finement pulvérisé, et porte à reflux 1 h 50 mn, à l'aide d'un bain d'huile. On reprend encore chaud par le xylène et laisse reposer 2 h.

On filtre, lave le solide au xylène. Du filtrat on a pu isoler, en passant par l'intermédiaire du complexe mercurique, des cristaux rouge foncé. Par recristallisation dans le mélange acétone-acétate d'éthyle, on obtient des aiguilles rouges fondant à 171-172° (Maquenne).

Ce composé est fort probablement la phényl-5 thiobenzoyl-4 dithiole-1.2 thione-3.

Analyse : $C_{16}H_{10}S_4$, calculé %, C 58,15; H 3,05; S 38,80; trouvé %, C 58,19-58,38; H 3,11-3,21; S 38,94.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) N. Lozac'h, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 840.
(2) A. Lüttringhaus, H. B. König et T. Böttcher, *Ann. Chem.*, 560, 1948, p. 201.
(3) J. Schmitt et A. Lespagnol, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 459.
(4) J. Schmitt et M. Suquet, *Bull. Soc. Chim.*, 1955, p. 84.
(5) L. Legrand, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 1029.
(6) L. Legrand et N. Lozac'h, *Bull. Soc. Chim.*, 1956, p. 1130.
(7) Abell, *J. Chem. Soc.*, 79, 1901, p. 929.

(Faculté des Sciences de Rennes, Collège Scientifique Universitaire de Brest.)

MINÉRALOGIE. — *Sur la nature minéralogique des pseudo-bauxites.* Note (*) de M. **Guy Périnet**, présentée par M. Jean Wyart.

L'étude radiocristallographique de bauxite varoise a confirmé l'existence d'une couche de transition qui présente l'aspect d'une vraie bauxite, sans en avoir la composition minéralogique.

Dans un travail relatif aux bauxites des Alpilles [1] nous avions donné le nom de pseudo-bauxite à une formation, de très faible puissance (quelques centimètres) s'intercalant entre le mur calcaire et la bauxite proprement dite. Ce terme nous a paru justifié par le fait que la formation ci-dessus présente l'aspect macroscopique d'une bauxite pisolithique tout en ne contenant aucune alumine libre; la matrice est composée en effet d'un mélange intime kaolinite-hématite tandis que les pisolithes ne contiennent que de l'hématite.

Certains auteurs avaient déjà noté que, très souvent, les bauxites ne reposaient pas directement sur le calcaire; mais cette couche intercalaire était assimilée à une argile résiduelle résultant de la dissolution du mur.

Or, nous avions remarqué que, dans les Alpilles, le résidu obtenu par une dissolution chlorhydrique très lente des calcaires du mur se composait, en dehors d'une matière organique noire, d'une boue rouge; par diffraction des rayons X, nous avions diagnostiqué un mélange quartz-kaolinite; la couleur rouge étant due sans doute à de l'oxyde de fer insuffisamment cristallisé pour être visible aux rayons X car, après un traitement thermique de 4 h à 750°, on obtenait un diagramme quartz + hématite.

Nous avons voulu savoir si, dans d'autres gisements, la composition de la pseudo-bauxite était aussi différente de celle du résidu insoluble aux acides du mur et nous avons étudié un gisement du Var, près de Brignoles, le Val.

Là aussi, nous avons constaté que la pseudo-bauxite se composait d'un mélange kaolinite-hématite, pour la matrice et d'hématite seule pour les pisolithes. Quant au résidu insoluble à l'attaque chlorhydrique lente de la calcite du mur il s'agit toujours d'une boue rouge mais composée cette fois-ci de kaolinite, d'illite et de goethite. La kaolinite prédomine nettement; les deux minéraux argileux ont été déterminés sans ambiguïté par la technique classique des agrégats orientés (sans et après traitement thermique à 550°). Le terme illite est pris au sens large du mot car il est difficile de différencier les divers types de mica, dans un mélange complexe.

Ainsi, nous avons mis en évidence à nouveau l'existence d'une pseudo-bauxite s'intercalant entre la vraie bauxite et le calcaire du mur; cette pseudo-bauxite n'est pas une simple argile résiduelle et le problème de sa genèse reste entier.

(*) Séance du 29 mai 1961.

[1] C. Duboul-Razavet et G. Périnet, *Congrès des Sociétés savantes*, 1959, p. 397-404.

(*Laboratoire de Rayons X du Centre de Recherches de Marseille, C. N. R. S.*)

MINÉRALOGIE. — *Changement de position du magnésium dans une montmorillonite sous l'influence d'un acide en solution diluée.* Note (*) de MM. **Jean Girod** et **Jean Lacroix**, présentée par M. Jean Wyart.

Par action d'un acide en solution diluée sur une montmorillonite une partie du magnésium du réseau passe à l'état de magnésium déplaçable.

Les expériences dont nous donnons ici les résultats portent sur une montmorillonite bien caractérisée par son diagramme de rayons X, par les courbes d'analyse thermique différentielle (1) et d'analyse thermogravimétrique, par la détermination de sa capacité d'échange.

Un échantillon de 5 g de cette argile est placé dans un tube à centrifugation et traité à plusieurs reprises par une solution normale de chlorure de potassium afin de déplacer par les ions K^+ tous les autres ions déplaçables, c'est-à-dire, pour la montmorillonite considérée, les ions Ca^{++}, Mg^{++} et Na^+. L'excès de chlorure de potassium est ensuite éliminé par lavage à l'eau distillée.

L'échantillon ainsi préparé qui ne renferme plus d'autres cations déplaçables que le potassium, est dispersé dans 70 ml d'une solution renfermant une quantité d'acide chlorhydrique (évaluée par 15 ml N/10), puis laissé en contact avec cette solution pendant 24 h dont 6 h d'agitation continue. Après centrifugation prolongée, on sépare, par décantation, la solution du dépôt, et sur une partie aliquote de la solution on détermine l'acidité libre et la quantité de magnésium. Voici les résultats rapportés au volume total, correspondant aux 5 g d'argile, l'unité de mesure étant le millilitre de solution N/10 :

Acidité libre	4,2
Mg^{++}	0,05 (ordre de grandeur)

Pour une acidité appréciable à l'équilibre, il n'existe que des traces de magnésium en solution. Il ne faudrait pas déduire de ce fait que l'action de l'acide sur le magnésium du réseau est négligeable. La suite de l'expérience va montrer que cette action est très nette :

Le résidu solide du traitement acide est agité, après lavage à l'eau distillée, pendant 2 h, avec une solution normale de chlorure de potassium. Une centrifugation suffisamment prolongée fournit ensuite un liquide limpide, sur une partie aliquote duquel on dose l'ion Mg^{++} : on trouve que la quantité de cet ion, rapportée aux 5 g de montmorillonite, est de 1,4.

Donc, dans l'échantillon de la montmorillonite étudiée, renfermant exclusivement du potassium déplaçable, il apparaît, après un traitement

par une solution diluée d'acide, une certaine quantité de magnésium déplaçable.

Interprétation des résultats. — Lorsque nous avons traité la montmorillonite K par la solution acide, des ions H^+ ont déplacé les ions K^+ se trouvant en position facilement échangeable, le déplacement étant pratiquement total. Il s'agit vraisemblablement de déplacements sur des sites externes latéraux, avec formation de groupes — OH liés au cristallite, à protons très peu dissociables, ou encore de groupes — O —, également liés. Une partie de l'acide ajouté se trouve donc très rapidement neutralisée et ne peut plus avoir d'action sur le réseau cristallin.

Ces déplacements facilement effectués, l'effet tampon de l'argile vis-à-vis de l'acide devient très faible, et dans ces conditions, il se produit une légère attaque du réseau aboutissant au passage en position échangeable d'une partie du magnésium structural, la montmorillonite ayant évidemment subi l'action d'un excès d'acide puisque nous trouvons 4,2 d'acide libre dans la solution de contact, après obtention de l'équilibre.

Comme d'autre part, on ne trouve pas de quantité appréciable de magnésium dans cette solution acide, il faut penser que dans les conditions d'acidité réalisées, le magnésium échangeable reste lié au réseau, malgré la présence en solution d'une petite quantité de chlorure de potassium, et ce n'est que le traitement ultérieur par un sel neutre de concentration suffisante, solution normale de KCl, qui permet un déplacement important de cet élément et par suite son passage en solution.

Il faut remarquer que, lors du traitement de la montmorillonite par l'acide, une partie de l'aluminium du réseau a participé à l'équilibre en fournissant une quantité équivalente d'aluminium échangeable, qui est effectivement déplacé par KCl N. Le liquide provenant du déplacement renferme 3,1 d'aluminium.

(*) Séance du 29 mai 1961.

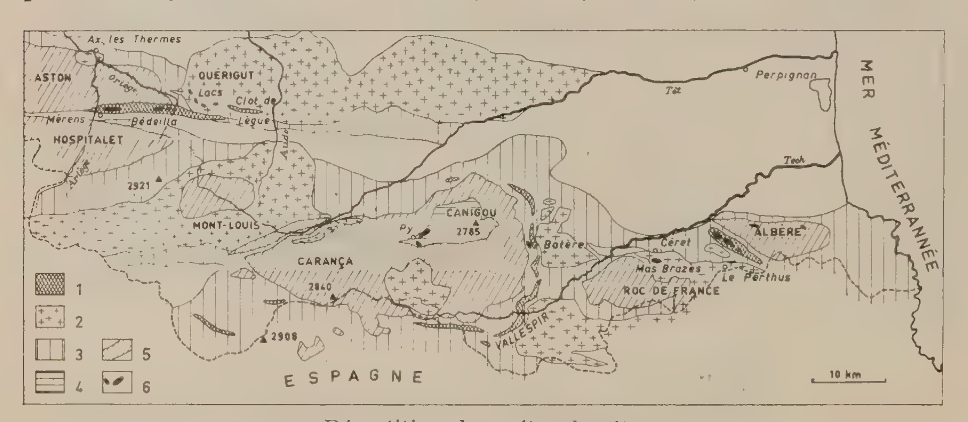
(1) Déterminations effectuées au Laboratoire de Minéralogie de la Faculté des Sciences de Toulouse.

(*E. N. S. Agronomique de Toulouse, Laboratoire de Chimie.*)

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les roches ultrabasiques (cortlandites) du paléozoïque inférieur de la partie orientale des Pyrénées.* Note (*) de MM. **Gérard Guitard** et **Eugène Raguin**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Des roches ultrabasiques (Cortlandites), localisées dans certains granites, dans des migmatites et des gneiss des Pyrénées orientales et de l'Ariège, spécialement celles du massif granitique de Quérigut sont considérées classiquement comme produites par le métamorphisme de ce granite ayant transformé des enclaves de calcaires magnésiens. Des études récentes indiquent qu'elles dérivent en réalité de petites intrusions vulcanogènes intercalées dans les sédiments et plus ou moins modifiées par le métamorphisme hercynien ou la granitisation.

Il s'agit d'une association pétrographique caractérisée par des péridotites à hornblende et biotite (cortlandite), des hornblendites, des gabbros et des diorites foncées souvent quartzifères. Dans toutes ces roches la hornblende est largement développée; dans les péridotites et certains gabbros elle renferme de l'olivine (80 % Fors.) en petites inclusions pœcilitiques. La hornblende, dont il existe plusieurs variétés, est souvent de teinte pâle, peu ou moyennement alumineuse (3 à 10 % Al_2O_3) et de nombreuses



Répartition des métavolcanites
dans les terrains anciens de la zone axiale des Pyrénées orientales.
1, métavolcanites type « gneiss granulé »; 2, granites circonscrits; 3, paléozoïque; 4, série profonde du Canigou; 5, gneiss; 6, roches ultrabasiques et métagabbros.

inclusions de minerais attestent parfois sa nature rétromorphique. La biotite, riche en magnésium, est toujours remarquablement fraîche et formée tardivement. Les types les plus basiques forment habituellement de petits amas de quelques mètres ou décamètres au milieu des roches dioritiques du cortège, mais dans l'Albère les amas péridotitiques atteignent près d'un kilomètre.

On rencontre ces roches (*fig.* 1) dans la partie sud-ouest du massif de Querigut (Aude) auprès des lacs de Laurenti, Balboune, Estagnet et Baxouillade où elles sont noyées dans le granite et voisines de vastes

enclaves de calcaires paléozoïques; dans la partie orientale du massif de l'Aston (Ariège) entre l'Ariège et l'Oriège (Nord de Merens et pic de Bedeilla) où elles sont indépendantes du granite de Querigut. Dans les Pyrénées orientales on les rencontre au Nord du mas Brazès, dans le massif du Roc de France et surtout dans le massif de l'Albère, en particulier au Nord-Est du Perthus avec un développement important. Dans le Canigou on connaît des hornblendites et des diorites mélanocrates à l'Ouest de la mine de Batère et surtout dans la région de Py. Dans les régions granitisées il n'est pas toujours facile de distinguer ces « métagabbros » des roches basiques grenues post-tectoniques liées à la mise en place des granites.

Dans le massif de Querigut, l'un de nous (E. R.) avait remarqué ([1]) que les petits amas péridotitiques dans le granite ne représentent pas l'évolution normale d'enclaves de calcaires magnésiens conformément à la théorie de A. Lacroix ([2]). L'assimilation de telles enclaves n'aboutit qu'à des faciès dioritiques fins. Aussi l'hypothèse de migrations chimiques ferromagnésiennes locales en rapport avec le développement de migmatite avait-elle été proposée. Cette explication avait été également retenue pour les amas basiques de Py dans le Canigou ([3]).

Ultérieurement nous avons cependant constaté la fréquence de ces roches basiques et ultrabasiques en dehors des domaines granitiques ou très migmatiques, et leur association fréquente à des sédiments riches en matériaux pyroclastiques. En effet, il existe dans la « série de Canaveilles », probablement cambrienne, des massifs du Canigou et de l'Albère, de nombreux bancs de « gneiss granulés » qui sont d'anciens tufs volcaniques plus ou moins remaniés ([4]) pouvant passer à des grauwackes ou à des arkoses, recristallisés par le métamorphisme général mésozonal. Ces bancs sont voisins des bancs calcaires de la même série. Or c'est au sein de cet ensemble volcano-sédimentaire souvent « dioritisé » que se rencontrent les péridotites de l'Albère.

Nous avons retrouvé une importante formation de « gneiss granulé » dans la partie méridionale du massif de l'Aston et sur l'Oriège (Nord de Merens, pic de Bedeilla, pic de Recantous). Dans le cirque de Bedeilla les amas de péridotite et de métagabbros s'intercalent dans ces anciens tufs où l'on reconnaît encore d'anciennes structures d'agglomérats.

Une autre observation, qui semble décisive, est qu'il nous a été possible de suivre dans la partie méridionale du massif granitique de Querigut, la continuité des assises calcaires paléozoïques qui pénètrent obliquement dans le massif et vont former à l'intérieur les grandes zones d'enclaves calcaires des lacs du Quérigut. Ces calcaires sont flanqués aux Clots-de-l'Egue par des « gneiss granulés » typiques, qui se granitisent et prennent le faciès d'un granite schisteux en pénétrant dans le massif de granite. Néanmoins quelques lits de poudingues se retrouvent de distance en distance contre les calcaires jusqu'auprès de l'étang de Laurenti. L'association granulés-calcaires conduit à l'assimilation de ces couches à la Série de

Canaveilles, probablement cambrienne, et non à des formations dévoniennes ainsi qu'il était admis jusqu'alors. Dans ces conditions la présence des péridotites et roches associées devient toute naturelle dans la région riche en bancs calcaires des lacs du Quérigut. Les roches ultrabasiques ont résisté à l'assimilation par le granite. Ces faits légitiment la conclusion indiquée dans le résumé de la présente communication. A ce propos il n'est pas sans intérêt de rappeler l'existence d'une trilogie : tufs remaniés, calcaires, amas de roche grenue amphibolique à composition gabbroïque, dans le Cambrien du Maroc (5).

Un problème qui reste ouvert est l'origine des faciès ultrabasiques de séries volcaniques, inconnus dans le volcanisme actuel et difficiles à concevoir comme de simples magmas effusifs. Une mise au point plus générale de ce problème a été donnée dernièrement par W. E. Petrascheck (6) qui distingue parmi les péridotites celles de nature plutonique et celles de nature volcanique.

(*) Séance du 29 mai 1961.
(1) E. Raguin, *Bull. Soc. Sc. nat. Toulouse*, 85, 1950, p. 266-269.
(2) A. Lacroix, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n^or 64 et 71, 1899-1900.
(3) G. Guitard, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), 3, 1953, p. 43-57.
(4) G. Guitard et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2749.
(5) F. Permingeat, *Serv. géol. Maroc, Not. et Mém.* n°s 141, 1957.
(6) W. E. Petraschek, *Geol. Rundschau*, 48, 1959, p. 205-217.

(*Bureau de Recherches géologiques et minières*
et *Laboratoire de Géologie appliquée de l'École des Mines*.)

GÉOLOGIE. — *La série du Flysch de Moglio-Testico de la nappe du Flysch à Helminthoïdes des Alpes maritimes franco-italiennes.* Note (*) de M. **Daniel Haccard**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La Série de Moglio-Testico est une série flysch à caractères particuliers, considérée comme une variation de faciès de la série du Flysch à Helminthoïdes des Alpes maritimes. Elle représente un élément tectonique autonome serré entre le domaine oriental et le domaine occidental de la nappe du Flysch à Helminthoïdes des Alpes maritimes franco-italiennes.

Dans le corps de la nappe du Flysch à Helminthoïdes des Alpes maritimes franco-italiennes s'intercale, entre les affleurements de Flysch à Helminthoïdes à faciès de San Remo-mont Saccarel et ceux à faciès d'Albenga-Alassio [1], l'affleurement d'une série marno-gréseuse. Cette série constitue une bande orientée Sud-Est - Nord-Ouest, large de 5 à 6 km, qui s'étend d'Alassio-Laigueglia à Pieve di Teco. Elle fut primitivement rapportée à une variation de faciès de la série supérieure ou série à dominante marneuse du Flysch à Helminthoïdes du type San Remo-mont Saccarel. Mes études détaillées conduisent à rejeter cette hypothèse et à mettre en évidence que cette série doit être envisagée, tant au point de vue stratigraphique que tectonique, comme un élément autonome.

Constitution de la Série de Moglio-Testico. — Elle se compose d'un Flysch marno-gréseux appelé Flysch de Testico et d'une série à faciès flysch schisto-gréseux et manganésifère, qui lui est stratigraphiquement liée à la base. Cette dernière est nommée Série de Moglio. Moglio et Testico sont deux villages où ces formations sont particulièrement bien représentées.

1. *La Série de Moglio.* — Elle n'affleure que sur la bordure nord-est de l'ensemble Moglio-Testico. Elle présente son maximum d'épaisseur, soit 100 m, entre Alassio et Marmoreo. On a évalué cette épaisseur, compte tenu des nombreux replis qui affectent la série, d'ailleurs fortement écrasée et laminée.

Dans la région de Moglio même, elle est constituée par un Flysch schisto-gréseux très tectonisé, transformé en une mylonite. Un *boudinage* généralisé affecte les bancs gréseux qui sont morcelés en pseudo-nodules allongés, emballés dans des schistes grisâtres. Les grès siliceux présentent une patine brunâtre due à la présence de manganèse et de fer.

Cette série semble surmontée par des schistes mordorés et verdâtres d'une dizaine de mètres d'épaisseur qui supportent la Série de Testico.

Dans la région de Casa Ebrea, affleure, à la faveur d'un repli anticlinal, une série flysch qui, en position subordonnée par rapport à la Série de Testico, paraît être l'équivalent peu tectonisé de la Série de Moglio. Ce Flysch est constitué par la répétition monotone de séquences construites suivant le schéma : grès siliceux verts, manganésifères, en bancs de 4 à 10 cm de puissance; schistes verdâtres à aspect lustré. Le passage grès-schistes est progressif. Le contact entre cette série et la Série de Testico est bien visible. Il ne s'intercale pas ici les termes schisteux observés dans la région de Moglio.

Dans la région de Marmoreo, des bancs de roches volcaniques puissants de 1 à 2 m sont incorporés à la Série de Moglio fortement écrasée avec laquelle ils paraissent stratigraphiquement liés. Ces roches peuvent être rattachées sous toute réserve à des andésites très altérées. Elles sont liées à des brèches constituées par des éléments de même nature

pétrographique, qui se présentent sous la forme de boules arrondies, entourées par une roche sédimentaire siliceuse très recristallisée qui devait être un grès. Associées à ce complexe volcanique, on trouve des brèches formées par des fragments anguleux de roches siliceuses et schisteuses semblables à celles qui entourent les andésites. Ces fragments sont cimentés par du quartz très fin en grains jointifs. Ce complexe paléovolcanique et son cortège sédimentaire présentent les traits de formations volcaniques sous-marines.

2. *La Série de Moglio.* — Il s'agit d'une série à faciès flysch très replissée. On peut lui attribuer une puissance de 300 à 350 m. Elle est constituée par la répétition monotone de séquences construites sur le schéma : grès fins à ciment calcaréo-marneux, très micacés; calcaires marneux; schistes. Les niveaux gréseux ont une épaisseur de 5 à 20 cm. Les termes calcaréo-marneux ont en général une puissance plus grande, de l'ordre de 20 à 30 cm en moyenne, pouvant aller jusqu'à 1 m. La Série de Testico présente dans la région de Mucho Pietre une variation de faciès appréciable caractérisée par l'intercalation de termes calcaires francs à spicules de Spongiaires et à Radiolaires.

La Série de Moglio-Testico s'est révélée peu fossilifère. Malgré des échantillonnages systématiques, les données paléontologiques sont rares et peu significatives. Il n'a en effet été découvert (uniquement dans la Série de Testico) que de rares exemplaires de Globigérines naines à cachet crétacé. On peut envisager un âge crétacé supérieur pour tout ou partie de la série.

Position structurale de la Série de Moglio-Testico. — Cette série est fortement serrée entre le domaine occidental et le domaine oriental du Flysch à Helminthoïdes.

Sur sa bordure nord-est, elle repose en contact anormal sur les termes à dominante calcaire de la série à Helminthoïdes du domaine d'Albenga-Alassio. Entre Alassio et Degolla, le contact s'effectue par l'intermédiaire de la Série de Moglio supportant la Série de Testico. Au-delà, entre Degolla et Pieve di Teco, la Série de Testico repose directement sur la série à dominante calcaire du Flysch à Helminthoïdes. Localement apparaît, à la base de la Série de Testico, la Série de Moglio qui souligne le contact anormal.

Sur la bordure sud-ouest, le contact anormal entre la série de Moglio-Testico et le Flysch à Helminthoïdes du domaine occidental est manifeste. Entre Laigueglia et Colle San Giacomo, c'est la Série à dominante calcaire du Flysch à Helminthoïdes qui vient reposer sur la Série de Testico. Le complexe de base subordonné à cette série du Flysch à Helminthoïdes jalonne le contact anormal. A partir de Colle San Giacomo, le contact se redresse puis s'infléchit vers le Sud-Ouest de telle façon que la Série de Testico vient reposer sur les affleurements de complexe de base du Flysch à Helminthoïdes de Caravonica et Colle San Bartholomeo, rabotant des structures anticlinales couchées au Nord de Colle San Bartholomeo, le contact s'effectue avec la série à dominante calcaire du Flysch à Helminthoïdes.

Conclusions. — La Série de Moglio-Testico représente un élément tectonique autonome, apparemment inclus dans le corps de la nappe du Flysch à Helminthoïdes. La convergence de faciès entre la Série de Moglio et le complexe de base du Flysch à Helminthoïdes à faciès de San Remo-mont Saccarel est frappante (signalons toutefois que les schistes rouges

caractéristiques du complexe de base du Flysch à Helminthoïdes n'existent pas dans la Série de Moglio). Elle conduit à envisager que la Série de Moglio-Testico représente une variation de faciès de la série du Flysch à Helminthoïdes de la nappe des Alpes maritimes. Cette variation de faciès s'inscrit dans celles qui avaient primitivement été signalées, mais qu'il appartient maintenant d'envisager en fonction de cette donnée nouvelle.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) M. Lanteaume, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1957, p. 115-123.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des Alvéolines du Sénonien en Périgord.* Note (*) de Mme **Micheline Séronie-Vivien**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Cette Note précise l'extension géographique et la répartition verticale des Alvéolines du Sénonien en Périgord. Elles y sont liées à un faciès de calcaires organo-détritiques.

Les Alvéolines ont été signalées en Aquitaine pour la première fois, en 1877, par Arnaud (1), dans des niveaux du Campanien. C'est à Belvès (Dordogne) et dans les environs immédiats de cette ville, en particulier dans la tranchée de chemin de fer à Larzac, que l'auteur a localisé sa découverte. Il pensait que ce fossile avait une extension géographique limitée à la vallée de la Noze.

Plus tard, en 1936, ces Alvéolines firent l'objet d'une étude paléontologique détaillée de la part de M. Reichel (2), qui créa pour elles le genre et l'espèce *Subalveolina dordonica*. Les types ont été tirés d'un échantillon provenant de Belvès et qui faisait partie des collections de l'École des Mines de Paris.

Par la suite, ces Alvéolines ont été trouvées au Nord-Est de Belvès par M. R. Séronie-Vivien (3) qui les signale à Campagne dans l'auréole sénonienne de l'anticlinal de Saint-Cyprien.

Nous-même avons constaté la présence des Alvéolines bien au-delà de la vallée de la Dordogne, en différents points qui permettent de jalonner leur aire d'extension, qui se trouve considérablement agrandie et atteint la vallée du Manoire, affluent de l'Isle.

Ainsi, la limite de pénétration de ces Foraminifères en Aquitaine se trouve reportée beaucoup plus au Nord que celle supposée par Arnaud d'après les premières observations faites dans la région de Belvès.

Voici l'énumération, en remontant du Sud vers le Nord, des lieux où nous avons trouvé des Alvéolines :

— Moulin de la Grènerie, commune de Doissat;
— Belvès, au pied de la ville, près de la gare;
— Pomarède, commune de Le Coux-et-Bigaroque;
— Suquet et Fromental, commune de Mouzens;
— Le Peyrat et au-dessus du Moulin du Porteil, commune de Campagne;
— Bara Bahau, commune du Bugue;
— Chemin du Cro de Granville à Miremont, commune de Rouffignac;
— Giraudel, commune de Rouffignac;
— Tranchée du chemin de fer à Saint-Antoine-d'Auberoche.

La puissance de la zone à Alvéolines décroît assez rapidement vers le Nord. D'une trentaine de mètres à Belvès, elle n'atteint pas 1 m à Saint-Antoine-d'Auberoche.

Les niveaux contenant des Alvéolines présentent deux faciès lithologiques qui correspondent à deux types de sédimentation inégalement favorables au développement de ces organismes. D'une part, on trouve ces Foraminifères dans un calcaire graveleux à très nombreux débris organiques en général roulés. Ce calcaire contient toujours de la glauconie, des oxydes de fer et des quartz en plus ou moins grande quantité. La microfaune associée se compose principalement de nombreux *Monolepidorbis Douvillei* Astre (= *Orbitoides Tissoti* Schlumb. de Neumann), *Meandropsinidæ*, *Miliolidæ* à test épais, et de *Rotalidæ* (en particulier *Nummofallotia*). D'autre part, les Alvéolines se rencontrent également dans un calcaire crayeux à structure cryptocristalline ou finement grumeleuse. L'élément clastique est inexistant ou représenté seulement par de rares quartz, petits et anguleux. Ce calcaire contient une microfaune relativement pauvre : spicules et rares *Peneroplidæ*.

En comparant la position stratigraphique respective de la zone à Alvéolines dans les différents gisements énumérés plus haut, on constate que l'apparition des Alvéolines est sensiblement contemporaine dans toute la région considérée, mais que leur disparition se fait très vite dans la partie septentrionale, et devient de plus en plus tardive vers le Sud. Cette disparition semble due à l'établissement de conditions de milieu défavorables à la vie et au développement de ces Foraminifères. En effet, les Alvéolines se raréfient au fur et à mesure que les bancs de calcaires à spicules se développent.

Or, ces calcaires apparaissent plutôt dans le Nord du Périgord que dans le Sud, et plus particulièrement dans la région de Belvès où le faciès des calcaires organo-détritiques, qui a commencé au début du Sénonien, ne dure jusqu'à un niveau élevé.

Le développement et l'extension des Alvéolines semblent intimement liés à ce faciès qui devait leur être favorable.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) H. ARNAUD, *Mém. Soc. géol. Fr.*, 2e série, 10, 1877.

(2) M. REICHEL, *Mém. Soc. Pal. Suisse*, 57, 1936.

(3) M.-R. SÉRONIE-VIVIEN, *C. R.* 84e *Congrès Sociétés savantes Paris et Départements*, Dijon, 1959, *Colloque sur le Crétacé supérieur français*, p. 570-578.

(*Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences, Bordeaux.*)

SÉDIMENTOLOGIE. — *Étude minéralogique des argiles actuelles du bassin de la Vilaine.* Note (*) de M. **Robert Lafond**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Présence de pyrophyllite détritique dans des argiles du cours supérieur et du cours moyen de la Vilaine. L'absence complète de ce minéral dans l'estuaire permet d'affirmer que les apports sédimentaires en aval de Redon sont uniquement d'origine marine. L'étude de la proportion relative de la kaolinite et de l'illite dans les sédiments estuariens confirme ce résultat.

J'ai pu recueillir un certain nombre d'échantillons de vases actuelles dans le bassin de la Vilaine en 1960, au cours d'une campagne d'étude de l'estuaire faite en liaison avec le Laboratoire Central d'Hydraulique de France.

La composition minéralogique de la fraction pélitique de ces sédiments (qui représente 80 à 98 % du poids du sédiment total, suivant les points) a été étudiée aux rayons X, à l'aide d'un diffractomètre C.G.R. Les analyses ont été effectuées sur des agrégats orientés, formés par sédimentation à partir de vases défloculées et dispersées, suivant les techniques habituelles du laboratoire.

Pour chaque sédiment, un premier diagramme a été exécuté sur agrégat brut. Trois autres diagrammes ont été faits, pour lever les indéterminations éventuelles :

1° après traitement de l'argile par le chlorure de calcium puis la glycérine;

2° après cuisson des agrégats à 530°;

3° après attaque à l'acide chlorhydrique 2 N bouillant.

La proportion relative d'illite et de kaolinite dans chaque échantillon a été estimée en comparant l'intensité relative des réflexions (001) correspondant à ces deux minéraux.

On peut résumer les résultats obtenus de la manière suivante :

1° Dans le cours supérieur de la Vilaine, en amont de Rennes, l'analyse minéralogique d'échantillons recueillis aussi bien dans des étangs qu'au voisinage du lit du cours d'eau montre que la composition du matériel varie en fonction du lieu de prélèvement, reflétant ainsi la diversité des roches du substratum. Partout, on rencontre une association triple illite-kaolinite-chlorite. En certains points, illite et kaolinite sont présentes en quantité comparable (Vitré, étang du Boulet), ailleurs l'illite est dominante. Partout cependant la kaolinite reste très abondante (étang d'Ouée, étang de Chevré). La chlorite est assez largement représentée la plupart du temps mais elle n'est jamais dominante.

Sur certains diagrammes (Vitré, étang de Chevré) apparaissent en outre des réflexions correspondant aux écarts réticulaires suivants : 9,19-9,20, 4,60 et 3,05 Å.

L'intensité et la netteté des réflexions impliquent pour le minéral qui les provoque un état cristallin franc et une relative abondance. Ces écarts réticulaires, très différents de ceux des autres micas et minéraux argileux, caractérisent la pyrophyllite; la confusion ne serait à la rigueur possible qu'avec le talc (une stéatite métamorphique nous a donné avec le même appareil les écarts réticulaires suivants : 9,42, 4,67 et 3,12 Å). Les raies de la pyrophyllite persistent après le traitement acide et le chauffage à 530°; elles ne sont pas affectées par les ions Ca.

D'autres échantillons du haut bassin de la Vilaine, par contre, ne contiennent absolument pas de pyrophyllite (étang du Boulet).

2° Dans le cours moyen de la Vilaine, entre Rennes et Redon, les vases recueillies ont une constitution analogue à celle des argiles du haut-bassin. Une vase de Saint-Anne-sur-Vilaine apparaît constituée par de l'illite (légèrement dominante), de la kaolinite abondante, de la chlorite bien individualisée, de la pyrophyllite en quantité sensible, mais beaucoup moins grande que dans les échantillons du cours supérieur. Ce dernier minéral est toujours caractérisé par ses trois réflexions basales dans le spectre. Sa plus faible proportion relative dans le sédiment doit évidemment s'interpréter par le mélange, dans le cours moyen, des argiles provenant de différentes zones du cours supérieur.

3° Dans l'estuaire, en aval de Redon, les vases ont un aspect différent; ce sont des sédiments calcaires (de 12 à 21 % et en moyenne 17 % de carbonate de calcium) à pH basique (8 à 8,5), alors que les argiles du haut bassin étaient à pH acide (5,20 à 6,40). Leur composition minéralogique est également assez différente; tous les échantillons étudiés de l'embouchure à Redon, sur 50 km de rivière maritime, sont constitués d'ailleurs par les mêmes minéraux.

Illite et kaolinite sont associées et abondantes. Sauf sur un seul échantillon où les deux minéraux paraissent en même proportion, l'illite est légèrement dominante par rapport à la kaolinite. La variation du rapport illite/kaolinite, toujours faible, ne paraît pas suivre de loi précise; en particulier, la kaolinite est un peu plus abondante près de Redon et de Tréhiguier. Les valeurs du rapport kaolinite/illite sont en tous cas très franchement différentes de celles qu'on observe dans la haute et la moyenne Vilaine; elles se rapprochent par contre beaucoup des données relatives aux vases littorales de l'Atlantique ([1]). De la chlorite, le plus souvent mal cristallisée, se retrouve dans tous les échantillons. Elle est parfois abondante, parfois en quantités assez faibles. La pyrophyllite, quant à elle, est rigoureusement absente de toutes les préparations.

La présence de la pyrophyllite, qui à ma connaissance est signalée pour la première fois en France dans un sédiment, permet de régler définitivement le problème de l'origine des apports estuariens dans la Vilaine, ce qui conduit à réviser sur ce point les conclusions de travaux antérieurement effectués avec un appareillage moins sensible ([2]). L'absence de pyrophyllite

d'une part, et la valeur du rapport kaolinite/illite d'autre part, permettent en effet d'affirmer que la sédimentation de l'estuaire dans les conditions actuelles a une origine presque exclusivement marine. Même en période de crue, l'apport solide des régions situées en amont de Redon peut être considéré comme négligeable vis-à-vis du stock vaseux mobile dans l'estuaire. Ces conclusions s'accordent d'ailleurs bien avec celles qu'on peut tirer de l'étude granulométrique des sédiments, ainsi que des observations directes.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) A. Rivière, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 843; J. Debyser, cité par L. Berthois, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 231.

(2) L. R. Lafond, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6, n° 3, 1953, p. 175.

(*Laboratoire de Sédimentologie de la Faculté des Sciences, Orsay.*)

GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Quelques résultats de prospection gravimétrique par mesure directe des dérivées secondes verticales de l'intensité de la pesanteur.* Note (*) de M. **Pham-Van-Ngoc**, présentée par M. Jean Coulomb.

On présente ici deux exemples de prospection, l'un pétrolier, l'autre minier. Ils témoignent d'une grande efficacité de la nouvelle méthode par comparaison aux procédés classiques.

Dans une Note précédente ([1]) fut exposé le principe d'une nouvelle méthode de prospection gravimétrique proposée par L. Cagniard, méthode qui consiste à mesurer directement les dérivées secondes verticales, en disposant sur le terrain des groupements appropriés de stations, complètement indépendants les uns des autres.

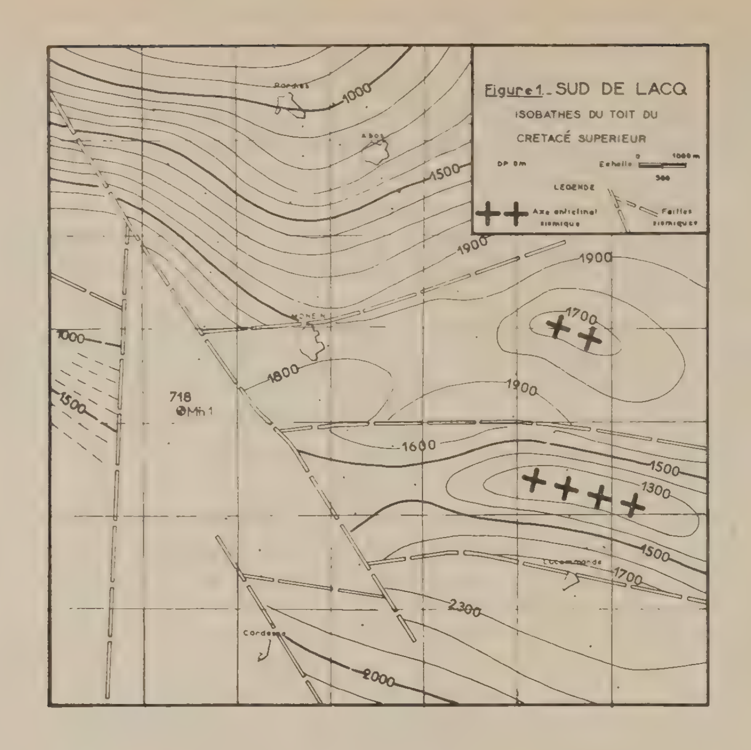
La méthode a été essayée sur des problèmes difficiles et variés. Deux exemples sont présentés ci-après, l'un pétrolier, l'autre minier, comportant des profondeurs d'investigation très dissemblables.

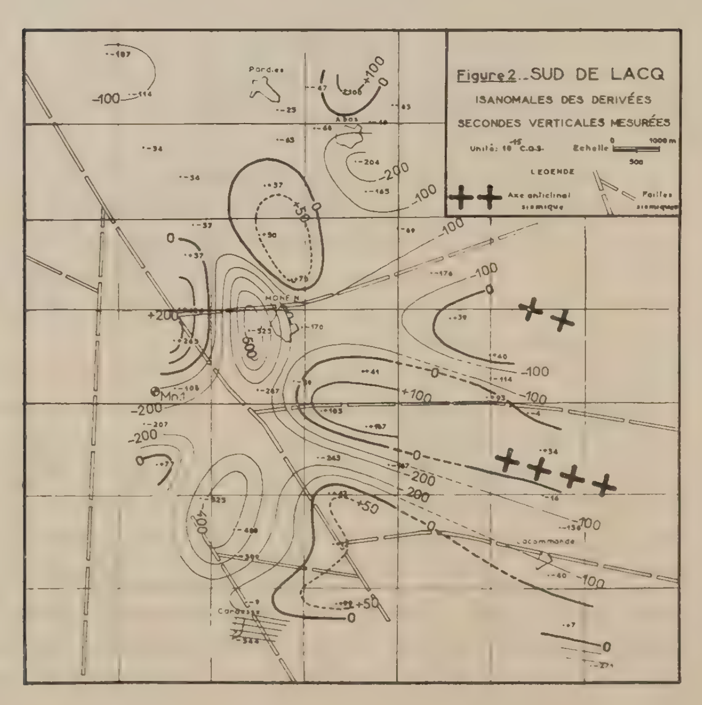
1. *Sud de Lacq.* — Au Sud de Lacq, non seulement la topographie est tourmentée, mais encore la structure du sous-sol apparaît comme particulièrement complexe. Il suffit, pour s'en rendre compte, d'examiner la carte d'isobathes du toit du Crétacé Supérieur considéré à la fois comme bon marqueur sismique et gravimétrique. La figure 1 est un extrait de la carte sismique dressée par la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine, et se rapportant au périmètre où furent faites des mesures de dérivée seconde. L'interprétation sismique fut rendue difficile par l'existence d'un grand nombre de failles.

En dépit de toutes les complications topographiques et structurales qui sont un obstacle majeur pour la gravimétrie, pour la gravimétrie classique surtout, la carte des dérivées secondes mesurées fait apparaître une concordance d'ensemble des plus satisfaisantes avec les résultats sismiques (*fig.* 2). Entre la station centrale et chacune des trois stations marginales du groupement, la distance choisie était de 500 m.

On remarquera en particulier le sondage Mn 1 (Monein), foré dans une zone où les isobathes sismiques n'avaient pas pu être prolongées. Il rencontra le toit du Crétacé supérieur à la cote — 718 m, alors que les cotes sismiques, immédiatement à l'Ouest comme à l'Est de Mn 1, sont de l'ordre de — 1500 à — 1800 m. En accord avec ce forage, les dérivées secondes font apparaître une zone étroite de valeurs positives, témoignant d'un relèvement brutal du toit des formations denses.

2. *Le Poitou-La Gabrielle* (*Vendée*). — Dans le secteur Poitou-Gabrielle de la Division minière de Vendée au Commissariat à l'Énergie Atomique, un profil de sondages avait mis en évidence un contact de granite et


Figure 1_ SUD DE LACQ
ISOBATHES DU TOIT DU
CRETACÉ SUPERIEUR
LEGENDE
Axe anticlinal sismique
Failles sismiques
Pardies
Abos
Monein
Lacommande
Cardesse
718
Mn 1
1000
1500
1900
1700
1800
1600
1300
2300
2000


Figure 2_ SUD DE LACQ
ISANOMALES DES DERIVÉES
SECONDES VERTICALES MESURÉES
LEGENDE
Axe anticlinal sismique
Failles sismiques
Pardies
Abos
Monein
Lacommande
Cardesse
Mn 1
-100
-200
-400
-500
0
+50
+100
+200

schistes métamorphiques très altérés, avec une brèche silicifiée d'environ 8 m de puissance. Sur ce même profil fut exécuté un test de mesure de dérivées secondes (*fig.* 3). L'espacement entre station centrale et stations marginales fut choisi de 25 m. On remarquera la netteté avec laquelle se marque le contact granite dense et schistes légers, ainsi que la petite anomalie positive au-dessus de la brèche.

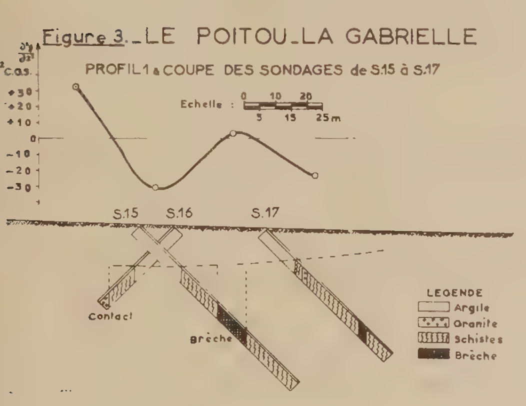


Figure 3. _LE POITOU_LA GABRIELLE

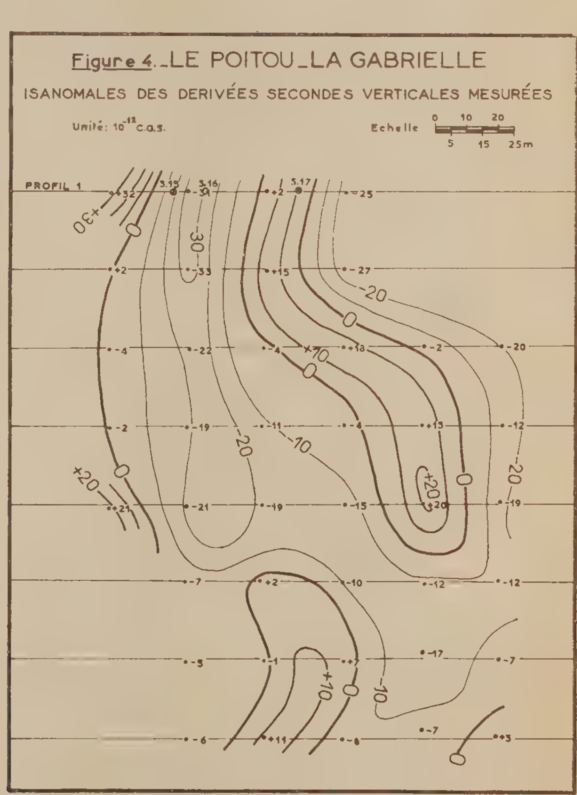


Figure 4. _LE POITOU_LA GABRIELLE

D'autres profils parallèles furent ensuite exécutés à côté du premier. Ils firent apparaître une continuité suffisante pour autoriser la construction d'une carte d'isanomales très significative (*fig.* 4). Malheureusement les travaux miniers s'étant interrompus dans ce secteur, il n'est pas possible, à ce jour, de faire état d'autres confirmations géologiques. Il convenait cependant de souligner la belle continuité des mesures d'extrême détail, obtenue dans un secteur particulièrement compliqué.

(*) Séance du 24 mai 1961.

(1) PHAM-VAN-NGOC, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1889.

(*Centre d'Études géophysiques, Garchy, Nièvre.*)

PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Influence des courants jets troposphériques sur la retombée stratosphérique des particules radioactives : Sur un mécanisme possible de transfert vertical des masses d'air stratosphériques.* Note (*) de M. **Georges Barbé**, présentée par M. André Danjon.

Il est admis que la radioactivité artificielle : essentiellement le strontium 90 et le césium 137 en provenance des expériences atomiques, telle que celle-ci est mesurée au sol proviendrait principalement des couches élevées de la stratosphère [1].

Par ailleurs, les mesures entreprises concernant les dimensions des particules radioactives d'origine stratosphérique ont mis en évidence des dimensions de l'ordre de 0,1 μ et même inférieures.

On aboutit ainsi à des vitesses de chute de ces particules dans la stratosphère sous l'effet de la gravité de l'ordre de quelques kilomètres par an.

Or, l'opinion actuelle concernant la durée de séjour des produits radioactifs dans la stratosphère est que cette durée serait :

— inférieure à une année en ce qui concerne les produits radioactifs injectés dans les régions polaires et à quelques années au plus pour les produits injectés dans les régions équatoriales.

En outre, d'après l'auteur déjà cité Lester Machta, il semble se confirmer que :

« Indépendamment de la latitude à laquelle s'effectue l'injection stratosphérique, la sortie aura lieu à partir des tropiques en direction du pôle. De plus, tout matériau aura tendance à quitter la stratosphère dans l'hémisphère où il a été injecté. Enfin, le matériau introduit dans la stratosphère aux latitudes tempérées ou polaires quittera la stratosphère plus tôt que les débris injectés dans les régions équatoriales. »

Il résulte de ces données expérimentales que deux problèmes pratiques se trouvent posés :

— mettre en évidence l'action dans la stratosphère moyenne et élevée d'un mécanisme de transfert vertical — vers le bas — des débris radioactifs stratosphériques;

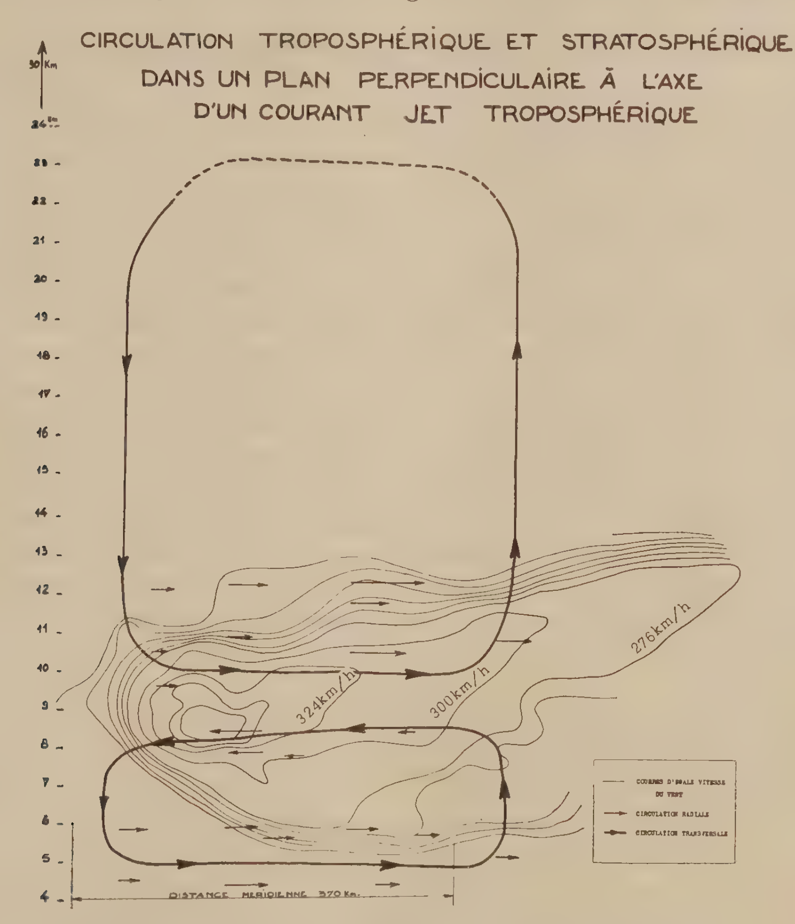
— rendre compte de l'insertion dans la troposphère, jusqu'au niveau de formation des nuages, de poussières radioactives ayant atteint la tropopause. Il est en effet reconnu que ce sont les précipitations et tout d'abord les gouttelettes nuageuses qui seraient le véhicule de la radioactivité troposphérique atteignant le sol.

Nous avons en vue dans ce qui va suivre de proposer une solution expérimentale au premier de ces deux problèmes.

Nous avons montré, par ailleurs [2], qu'il est possible de mettre en évidence — relativement à la température de l'air — l'existence, dans la stratosphère, jusqu'au niveau 30 km au moins, de surfaces de discontinuité

qui seraient des plans peu inclinés sur la verticale, contrairement aux surfaces de discontinuité troposphériques qui peuvent être représentées par des plans presque horizontaux.

Ces surfaces de discontinuité stratosphériques sont liées aux « courants jets » troposphériques : on peut les assimiler à des plans verticaux contenant l'axe du courant jet, c'est-à-dire la ligne de flux du vent maximal.



L'axe du courant jet est perpendiculaire au plan de la figure.
Les lignes continues en traits fins représentent les courbes d'égale vitesse du vent.
Les lignes continues en traits gras schématisent la circulation transversale de l'air dans le plan de la figure.
Les flèches mesurent la direction et la grandeur du vent radial : 1 cm = 15 km/h.

Leur existence nécessite, semble-t-il, une double circulation verticale de l'air dans la stratosphère : descendante du « côté froid » du courant jet et ascendante du « côté chaud » de celui-ci.

D'autre part, nous avons établi ([3]) moyennant certaines hypothèses, une coupe perpendiculaire à l'axe d'un courant jet mettant en évidence une circulation radiale de l'air.

La figure rassemble les résultats ci-dessus et peut s'interpréter de la façon suivante :

— L'ensemble de la circulation de l'air dans un plan perpendiculaire à l'axe d'un courant jet peut être assimilé à deux cellules, l'une troposphérique limitée supérieurement au voisinage du plan horizontal contenant l'axe du tube de jet; l'autre stratosphérique limitée inférieurement par ce même plan horizontal.

Chacune de ces cellules est parcourue par l'air dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

L'existence de la branche ascendante de la cellule troposphérique est, de plus, confirmée par la localisation privilégiée des « rues de nuages » au niveau des nuages moyens et au niveau des nuages élevés du « côté chaud » du tube de jet (4).

Le courant jet subtropical qui s'étend sur le continent africain sensiblement entre le 15e et le 40e degré de latitude Nord : ceci résulte en particulier de mesures que nous avons nous-même effectuées en trois points situés au voisinage du méridien de Paris et respectivement aux latitudes 32°, 27° et 20° Nord suffit donc à justifier l'existence au voisinage du 40e degré de latitude Nord du maximum de radioactivité artificielle mesuré au sol durant ces dernières années.

Quant au courant jet polaire la grande variabilité de son orientation et de sa position en latitude ne permettrait — si les mesures de radioactivité au sol étaient suffisamment précises — que de justifier un minimum relatif de la radioactivité artificielle au sol entre la latitude 40°N et 50°N (très approximativement) et une augmentation de la radioactivité au Nord de cette dernière latitude.

(*) Séance du 24 mai 1961.

(1) LESTER MACHTA, *Bulletin de l'O. M. M.*, 9, n° 2, avril 1960.

(2) G. D. BARBÉ, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3473.

(3) G. D. BARBÉ, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 230.

(4) G. D. BARBÉ, *La Météorologie*, n° 44, octobre-décembre 1956.

(*Établissement d'Études et de Recherches de la Météorologie nationale, Observatoire de Magny-les-Hameaux.*)

PALÉONTOLOGIE. — *Existence d'une faune malacologique dans le Grès keupérien de Lorraine.* Note (*) de M. **Raymond Laugier**, transmise par M. Marcel Roubault.

L'auteur annonce la découverte de fossiles marins dans une formation considérée jusqu'ici d'origine laguno-continentale.

Il est admis que le grès à roseaux du Keuper moyen de l'Est de la France est l'équivalent du Schilfsandstein de la Souabe. Plusieurs espèces d'*Equisetites* sont communes aux gisements situés de part et d'autre du massif Vosges-Forêt Noire, mais ce ne sont là que des indices d'ordre paléoécologique, les Équisetinées étant des plantes silicicoles.

L'extension verticale du grès à roseaux est irrégulière en Lorraine où de larges variations de puissance ont été constatées dans le synclinal de Luxembourg le long de l'anticlinal sarro-lorrain et dans la région de Charmes.

L'extension latérale est discontinue et les termes de passage sont mal connus par suite du manque d'affleurement. D'une façon générale les grès passent à des marnes; il est important de noter que la persistance de la muscovite permet seule, de synchroniser les faciès.

La faune du grès à roseaux est très pauvre, un siècle de travaux ont rassemblé :

— des os craniens de Labyrinthodonte (Lebrun, 1858); [4]
— *Posidonia minuta* (Braconnier, 1879); [2]
— *Estheria minuta* (Bleicher, 1887); [1]
— ossements de *Metiopias sp.* (Corroy, 1928). [3]

Des travaux de carottage effectués à Ceintrey (Meurthe-et-Moselle) le long du C. D. 92 ont traversé :

0,00 à 8,40 m : alluvions du Madon (riv.);
8,40 à 9,50 m : dolomie de E. de Beaumont;
9,50 à 11,80 m : calcaire dolomitique carié, terme de passage entre les couches sus et sous-jacentes;
11,80 à 12,30 m : marnes bariolées;
12,30 à 15,00 m : marnes rouges micacées fossilifères.

Les marnes micacées rouges rencontrées à la base du sondage sont très finement sableuses, criblées de débris de végétaux et appartiennent à la formation du grès à roseaux. Nous y avons identifié une faune comprenant :

1° des rayons de nageoire et des écailles de poissons;

2° un gastropode de très petite taille; la photographie aux rayons infrarouges fait apparaître les contours réels plus importants de la coquille;

3° des coquilles de lamellibranches appartenant à la famille des Nuculidés.

Le genre *Nucula* est représenté par deux espèces :

l'une à test lisse;

l'autre à test pourvu d'ornementations concentriques.

L'état de la charnière de ces fossiles ne permet pas d'avancer une détermination spécifique plus précise.

Dans l'aire de sédimentation du seuil morvano-vosgien, le grès à roseaux glauconieux affleure à Hortes, Rougeux, Charmoy, Montesson, Vitrey et Bourbonne-les-Bains. Il y présente les signes d'un milieu sédimentaire ouvert aux influences d'un épisode transgressif marin, mais aucune faune n'y a jamais été recueillie. Le grès glauconieux n'est pas connu au Nord d'une ligne Lamarche - Fontaine-les-Luxeuil.

On notera la portée paléogéographique de nos observations. La probabilité d'une transgression marine au Keuper moyen a été évoquée par J. Ricour dans sa thèse (5). Non seulement nous partageons les vues de cet auteur, mais nous apportons la preuve de ce qui était avancé comme une hypothèse de travail.

Rappelons qu'en Allemagne, des couches marines du Schilfsandstein ont pu être synchronisées avec leur homologue de faciès alpin. Il n'est pas interdit de penser que d'autres pulsations transgressives marines se soient avancées depuis le domaine alpin jusqu'en Lorraine centrale en franchissant le seuil morvano-vosgien qui était nettement subsident au Keuper inférieur et moyen.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) G. Bleicher, Note sur la géologie de la Lorraine, *Bull. Soc. géol. Fr.* IIIe *série* 115, p. 665-666, 1886-1887.

(2) A. Braconnier, *Description des terrains qui constituent le sous-sol du département de Meurthe-et-Moselle*, Publication de la Préfecture de Meurthe-et-Moselle sous les auspices du Conseil Général, Nancy, 1879.

(3) G. Corroy, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1636; *Ann. Paléontologie*, 17, 1928.

(4) F. Lebrun, *Description des échantillons recueillis à Essey-la-Côte*, *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 1858.

(5) J. Ricour, *Le Trias Français* (*Thèse*, 1960), *Bull. Serv. Carte géol. Fr.* (sous presse).

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de coccolithophorides dans des terrains primaires.* Note (*) de Mlle **Denise Noël**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La présence de Coccolithophoridés dans des terrains primaires est signalée pour la première fois de façon indiscutable. Conséquences paléontologiques et stratigraphiques.

Nos connaissances sur les Coccolithophoridés fossiles sont encore très fragmentaires. D'assez nombreux travaux ont décrit les diverses plaquettes calcaires qui constituent le revêtement de ces Flagellés unicellulaires, trouvées souvent en grande abondance dans des sédiments tertiaires. Les matériaux de l'ère secondaire ont été beaucoup moins exploités : c'est du Lias que datent cependant les plus anciens coccolithes décrits jusqu'à ce jour [G. Deflandre ([1]), D. Noël ([6])]. En ce qui concerne les temps primaires, un seul auteur G. W. Gumbel ([2]) dès 1870 avait signalé des coccolithes dans des sédiments paléozoïques (Dévonien de Regnitzsolau, Cambrien de Potsdam, etc.). Ces découvertes sont discutées. G. W. Gumbel ne donnait aucune description des formes rencontrées, il se bornait à signaler la présence de coccolithes, souvent corrodés, en partie détruits et apparaissant alors comme des anneaux simples.

Mes recherches ont porté sur un certain nombre d'échantillons de différents niveaux du Primaire et de provenance variée : calcaires marneux du Dévonien de Tebarafine (Tafilalet, Maroc) ([7]); flysch du Viséen supérieur de Ben-Zireg (région de Colomb-Béchar, Algérie) ([8]); marnes du Pensylvanien : « Marmaton group », série de Des Moines, 15 km à l'Est de Tulsa (Oklahoma, U. S.A.) ([9]); calcaires marneux du Permien du Sud tunisien ([10]).

Les marnes et les calcaires marneux ont été traités suivant les méthodes habituelles de lavage et d'élutriation. Les échantillons de flysch ont tout d'abord été examinés en lames minces qui ont révélé la présence de coccolithes bien conservés et nettement discernables; ensuite la poudre obtenue par le broyage de ces roches a été élutriée.

Une étude détaillée de toutes les formes rencontrées dans les différents échantillons mentionnés plus haut sera publiée ultérieurement, notamment celles du flysch viséen qui sont un peu particulières. Je ne donnerai ici que quelques figures de coccolithes pouvant se rapporter à des genres ou manipules connus et qui me permettront de faire quelques remarques.

Tout d'abord, le fait même qu'il existe, de façon certaine, des Coccolithophoridés dans des sédiments d'âge primaire est intéressant. Il démontre la grande ancienneté du groupe dont les représentants sont ainsi connus de l'ère primaire à l'époque actuelle. On peut penser que les hiatus qu'on rencontre encore dans leur répartition stratigraphique ne sont vraisemblablement dus qu'à l'état fragmentaire de nos recherches. Il est probable

que ces Flagellés ont peuplé, avec une densité variable suivant les époques, les mers de toutes les périodes géologiques du Dévonien à nos jours. Il n'est évidemment pas exclu que des recherches sur des sédiments antédévoniens ne permettent d'élargir encore cette répartition et de confirmer ainsi les premières découvertes de G. W. Gumbel.

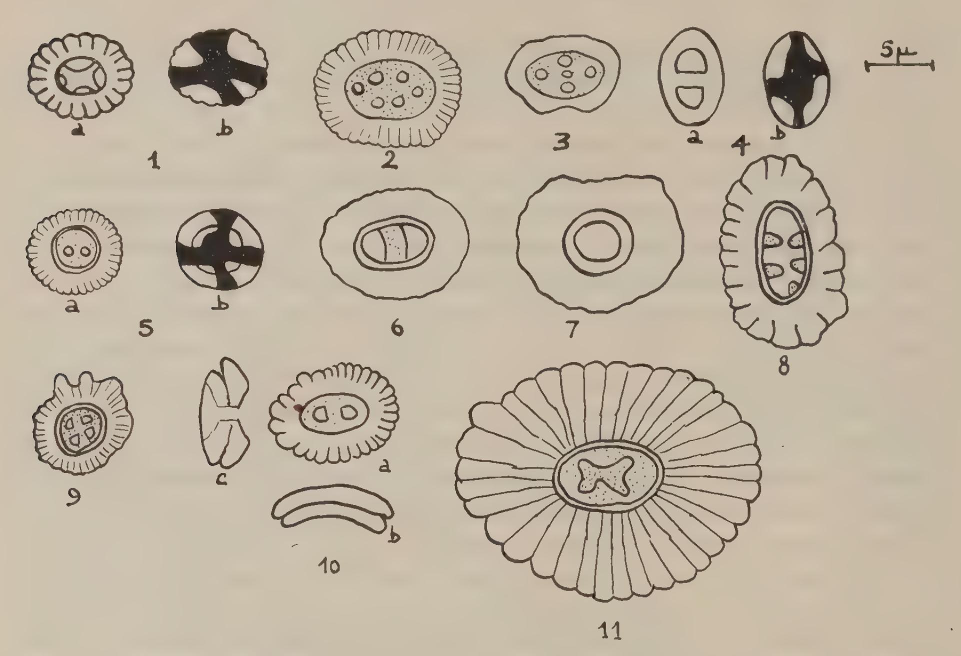


Fig. 1. — *Discolithus decussatus* (syn. *D. cruciatus*) Noël 1958 : *a.* en lumière naturelle; *b.* en lumière polarisée. Fig. 2. — *Discolithus pertusus* n. cent. Fig. 3. — *Discolithus pertusus* (?), un peu différent du précédent. Fig. 4. — *Discolithus* cf. *ponticulus* Deflandre 1954. Fig. 5. — *Cyclococcolithus pelagicus* (Wall.) Kamptner 1954. Fig. 6 et 7. — *Tremalithus* sp. Fig. 8. — *Tremalithus dentatus* n. cent. Fig. 9. — *Cyclococcolithus quadriperforatus* n. cent. Fig. 10. — *Coccolithus pelagicus* (Wallich); *b* et *c*, vu de profil. Fig. 11. — *Tremalithus foliatus* n. cent. Toutes ces formes ont été observées dans les marnes pensylvaniennes de Tulsa.

Du point de vue morphologique, j'ai retrouvé dans mes échantillons, des coccolithes comparables à ceux actuellement connus (discolithes, trémalithes), avec une prédominance très nette des discolithes. Ces discolithes sont généralement elliptiques, de taille relativement petite (6 à 10 μ suivant le grand axe). La présence de ces formes elliptiques prédominantes réfute certaines hypothèses de E. Kamptner ([3]), ([4]), ([5]) quant aux tendances évolutives du groupe des Coccolithophoridés. En effet, d'après cet auteur, le contour circulaire des éléments de la coque représente une caractéristique primitive; il pense que les coccolithes circulaires sont géologiquement plus anciens que les coccolithes elliptiques. En fait, dans les sédiments étudiés, les formes circulaires sont plutôt rares.

Le plancher des discolithes observés présente des types d'ornementation

variés [perforations en croix (*fig.* 1), fond criblé (*fig.* 2)], qui sont connus sur des coccolithes plus récents. Il semble donc que dès l'ère primaire, le groupe des Coccolithophoridés soit déjà hautement différencié.

J'ai également trouvé des plaquettes calcaires, de contour hexagonal, qui ne sont pas sans rappeler l'allure générale des stéphanolithes. Il y a peut-être là les formes de passage entre les discolithes et les stéphanolithes. Des recherches ultérieures seront faites sur ces plaquettes.

Il faut aussi signaler l'existence de trémalithes dans ces échantillons primaires (surtout dans ceux du Pensylvanien). Ils sont de taille bien supérieure à celle des discolithes (17 à 20 μ), présentent un contour quelquefois circulaire, plus souvent elliptique. Ils sont généralement massifs, avec une zone marginale bien développée, découpée en éléments distincts par des incisions profondes. Certains trémalithes du Pensylvanien montrent de véritables tranches marginales séparées les unes des autres. Quelquefois même il ne reste plus du coccolithe qu'une « trame » qui réagit encore en lumière polarisée en donnant les figures habituelles, mais est indéterminable en lumière naturelle. Ce sont là sans doute des phénomènes de corrosion qui aboutissent à la destruction complète du coccolithe. On peut penser que les eaux du Primaire présentaient des caractéristiques physicochimiques différentes de celles actuellement connues, entraînant ainsi une dissolution plus facile des tests. Ceci expliquerait la rareté du plancton calcaire peu développé au Primaire (c'est le cas en particulier des Foraminifères qui ne foisonnent qu'à partir du Carbonifère supérieur).

L'examen des trémalithes de profil (*fig.* 10 *b*, *c*) montre que les plaquettes supérieure et inférieure constituant le coccolithe sont unies entre elles par un tube extrêmement court, ce qui donne à l'ensemble du coccolithe un profil très ramassé. On peut voir là une confirmation de l'hypothèse de E. Kamptner qui considère « l'augmentation de la hauteur relative du coccolithe » comme une tendance évolutive.

Enfin, la présence de Coccolithophoridés dans des sédiments de faciès flysch est également intéressante. Elle démontre une fois encore la grande variété de la distribution de ces Flagellés dans les milieux marins.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) G. Deflandre, *Classe des Coccolithophoridés*, *in* P. Grassé, *Traité de Zoologie*, I, fasc. 1, Paris, Masson et Cie, 1952, p. 99-130, 150 figures.

(2) G. W. Gumbel, *Neues Jb. Min. Geol. Paleont.*, Stuttgart, 1870, p. 753-765.

(3) E. Kamptner, *Verh. Kon. Akad. Wet. Afd. Natuurkde*, 2 R, 50, n° 2, 1955, Amsterdam, p. 1-105, 9 planches.

(4) E. Kamptner, *Osterr. botan. Zschr.*, 103, n° 1, 1956, p. 142-163.

(5) E. Kamptner, *Arch. Protistenkde*, 103, nos 1-2, 1958, p. 54-116.

(6) D. Noël, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, nouv. sér., bull. n° 8, 1956, p. 303-345.

(7) Échantillons C. F. P. A.

(8) Échantillons S.N.R.E.P. Al. transmis par M. J. Emberger.

(9) Échantillons récoltés par M. le Professeur R. Laffitte.

(10) Échantillons récoltés par M. G. Busson.

(*Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences, Alger.*)

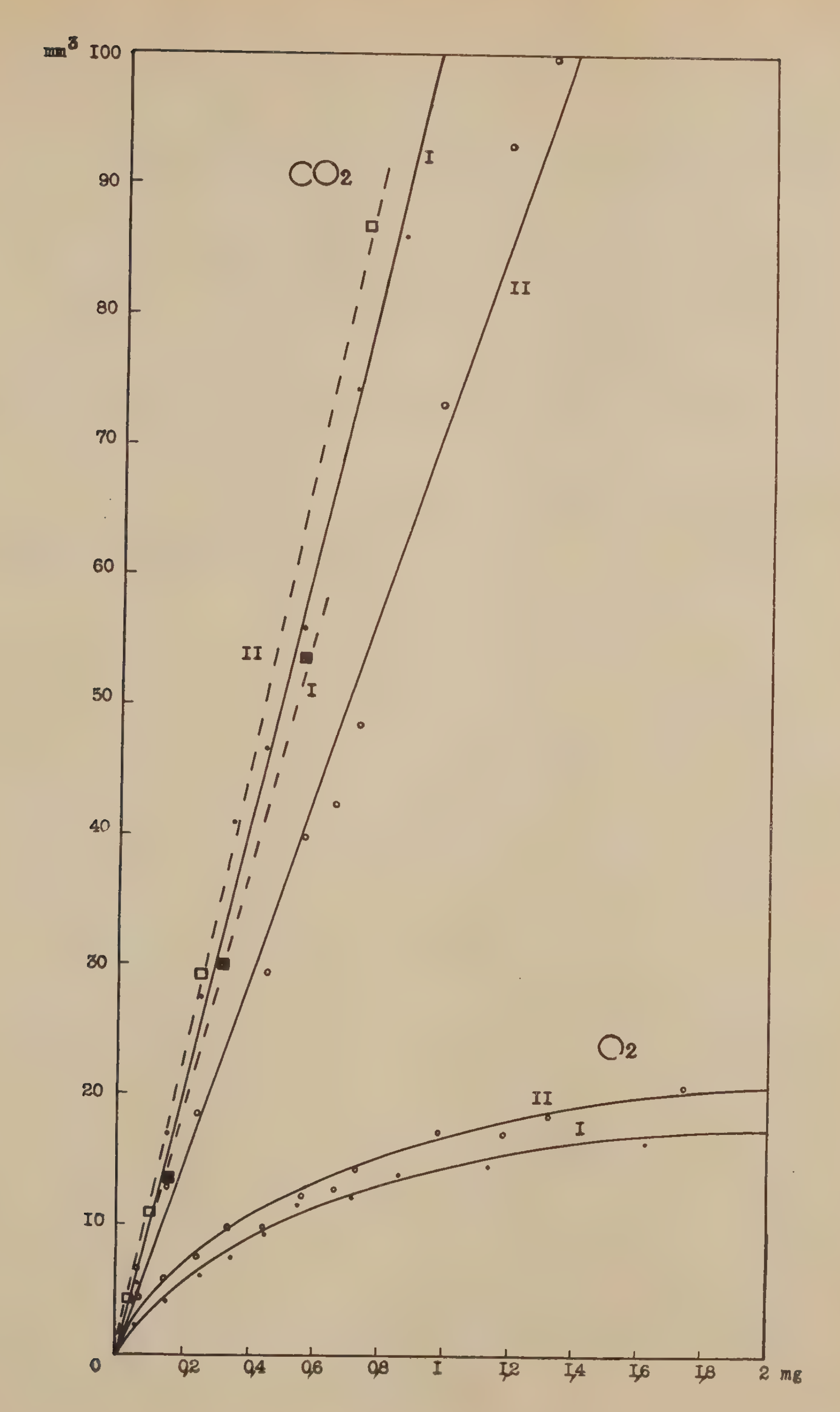
MYCOLOGIE. — *Sur l'aptitude fermentaire de deux Hyménomycètes*, Phlebia radiata *Fr. et* Corticium ochraceofulvum (*Bourd. et Galz.*). Note de M. **Maurice Gabriel**, présentée par M. Roger Heim.

Ces deux Basidiomycètes se développent même en présence d'une atmosphère d'azote, ils dégagent alors d'importantes quantités de gaz carbonique. Ils en dégagent presque autant en milieu liquide en présence d'air; le rapport CO_2/O_2 est dans ce cas toujours très supérieur à 1.

Phlebia radiata et *Corticium ochraceofulvum* s'étant révélés capables de croître sur le milieu synthétique de Wickerham même en l'absence presque totale d'oxygène libre (atmosphère d'azote commercial à 0,3 % d'oxygène), nous avons choisi ces deux espèces pour étudier de façon précise les échanges gazeux du mycélium en fonction du poids, en aérobiose et en anaérobiose, à l'aide de l'appareil de Warburg.

Même en présence d'air, un mycélium submergé est soumis à une anaérobiose relative qui s'accroît avec sa profondeur d'immersion et son développement. Cette anaérobiose conditionne les échanges gazeux. Il est donc nécessaire, pour effectuer des mesures comparables, de préparer les mycéliums dans des conditions de culture bien définies, identiques, avec une profondeur d'immersion constante. Il est indispensable, en outre, d'utiliser des mycéliums entiers, suffisamment cohérents pour ne pas être lésés par le transfert dans les fioles de Warburg. Les cultures sont faites en Erlenmeyers de 100 ml ne contenant que 15 ml de milieu nutritif (soit une profondeur de 0,5 cm) et soumis à une agitation horizontale; un ou plusieurs ensemencements sont effectués par flacon à partir de fragments d'une culture initiale submergée; l'anaérobiose est réalisée par une circulation continue d'azote commercial. Les mycéliums ont l'aspect de boules ou grains ovoïdes creux, plus ou moins lâches selon la vitesse de pousse, mais peuvent toujours être manipulés aisément. Les mesures avec l'appareil de Warburg (SL 65) sont effectuées à 25°; l'agitation a été fixée après essais à 110 battements/mn avec un arc de 2 cm; l'atmosphère azotée dans les fioles est obtenue par la circulation du courant d'azote à une pression de 10 à 20 cm d'eau par fiole pendant 30 mn. Les mycéliums lavés et séchés sont pesés soit sur une balance de torsion pour les poids ne dépassant pas 1 mg (précision : 0,002 mg), soit sur une balance « Mettler semi-micro » au-dessus de 1 mg.

Les courbes obtenues, pour le *Phlebia radiata* (I) comme pour le *Corticium ochraceofulvum* (II) montrent que en atmosphère azotée (trait interrompu) le dégagement de CO_2 croît proportionnellement au poids; en atmosphère aérée (trait continu) le rejet de CO_2 est également proportionnel au poids et à peine plus faible; par contre, il n'existe pas une relation linéaire entre


mm³
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2 mg
CO₂
I
II
II
I
O₂
II
I

la quantité d'oxygène absorbée et la masse des mycéliums, même pour des poids inférieurs à 0,1 mg. Une agitation plus forte ne change en rien les résultats. La relation se rapproche de celle donnant la surface d'une sphère en fonction de son volume, comme si la partie périphérique du mycélium respirait seule. Il est probable qu'en raison de la texture feutrée du mycélium et de la faible solubilité de l'oxygène, les hyphes situées à quelque distance de la surface se trouvent en anaérobiose relative et réalisent alors la fermentation, ce qui explique que le rejet de CO_2 croisse proportionnellement au poids.

Rappelons en terminant que J. Boidin [1] a montré récemment que le *Corticium ochraceofulvum* et le *Phlebia radiata* ont des comportements nucléaires aberrants et similaires et font partie d'un même groupe naturel. Nos recherches prouvent que certains critères d'ordre physiologique peuvent également être invoqués à l'appui de ce rapprochement.

[1] *Revue de Mycologie*, Mémoire hors série, n° 6, 1958, p. 330.

(*Laboratoire de Microbiologie et Mycologie, Faculté des Sciences, Lyon.*)

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution de la structure anatomique de la racine de Betterave sucrière au cours de la « montaison »*. Note (*) de M[lle] **Colette Paupardin**, présentée par M. Roger Gautheret.

La « montaison » est caractérisée, dans la racine de Betterave sucrière, par la néoformation de faisceaux cribro-vasculaires au sein des faisceaux préexistants, suivie d'une lignification importante due à la formation de fibres. Ce phénomène constant au cours de la montaison, c'est-à-dire pendant la seconde année, se présente de manière sporadique au cours de la première année de végétation.

La racine de Betterave, décrite par Van Tieghem ([5]) puis par Artschwager ([1]), est formée d'une région centrale faite de tissus primaires et secondaires et d'une série d'anneaux concentriques de tissus tertiaires résultant du fonctionnement de cambiums multiples. Ces anneaux concentriques, constitués de faisceaux cribro-vasculaires, sont séparés par un parenchyme tangentiel. Les faisceaux cribro-vasculaires d'un même anneau sont séparés en outre par un parenchyme radial. L'évolution de cette structure a été étudiée au cours de la montaison.

Nous avons pratiqué des coupes transversales dans une région située immédiatement sous le collet et examiné le troisième anneau vasculaire à partir du centre, afin d'obtenir des résultats toujours comparables.

Dans les racines de première année, chaque faisceau cribro-vasculaire est constitué d'un segment de cambium, produisant, vers l'extérieur, du phloème et, vers l'intérieur, du xylème constitué de vaisseaux noyés dans un parenchyme (*fig.* 1). Très rarement, le xylème renferme aussi des fibres (*fig.* 2). Cette particularité a déjà été constatée par Artschwager ([2]) puis par Rietberg ([4]) et Martens ([3]). Elle constitue le phénomène de « fibrosité » qui rend malaisée la préparation des cossettes.

Des petites betteraves appelées planchons conservées en silos pendant l'hiver ont été replantées au mois d'avril ([6]). Jusqu'au mois de juin la structure est identique à celle des betteraves de première année. Il apparaît ensuite une hampe florale; en même temps, la racine s'épaissit et il se forme des faisceaux surnuméraires (*fig.* 3) au sein des faisceaux préexistants et sur le bord de ceux-ci. Ces faisceaux surnuméraires d'abord réduits à leur phloème, produisent ensuite des vaisseaux puis, des îlots fibreux se différencient au sein du xylème. A la fin de juillet la fibrosité est étendue à tout le xylème et souvent le parenchyme radial lui-même est lignifié (*fig.* 4). Nous estimons que la néoformation de faisceaux cribro-vasculaires et le processus de lignification intense qui l'accompagne sont dus à des phénomènes d'induction histogénétique provoqués par la hampe florale en cours de croissance. Cette interprétation semble confirmée par le fait que la partie distale de la racine peut ne pas encore renfermer de fibres alors que la partie proximale montre un aspect déjà nettement fibreux.

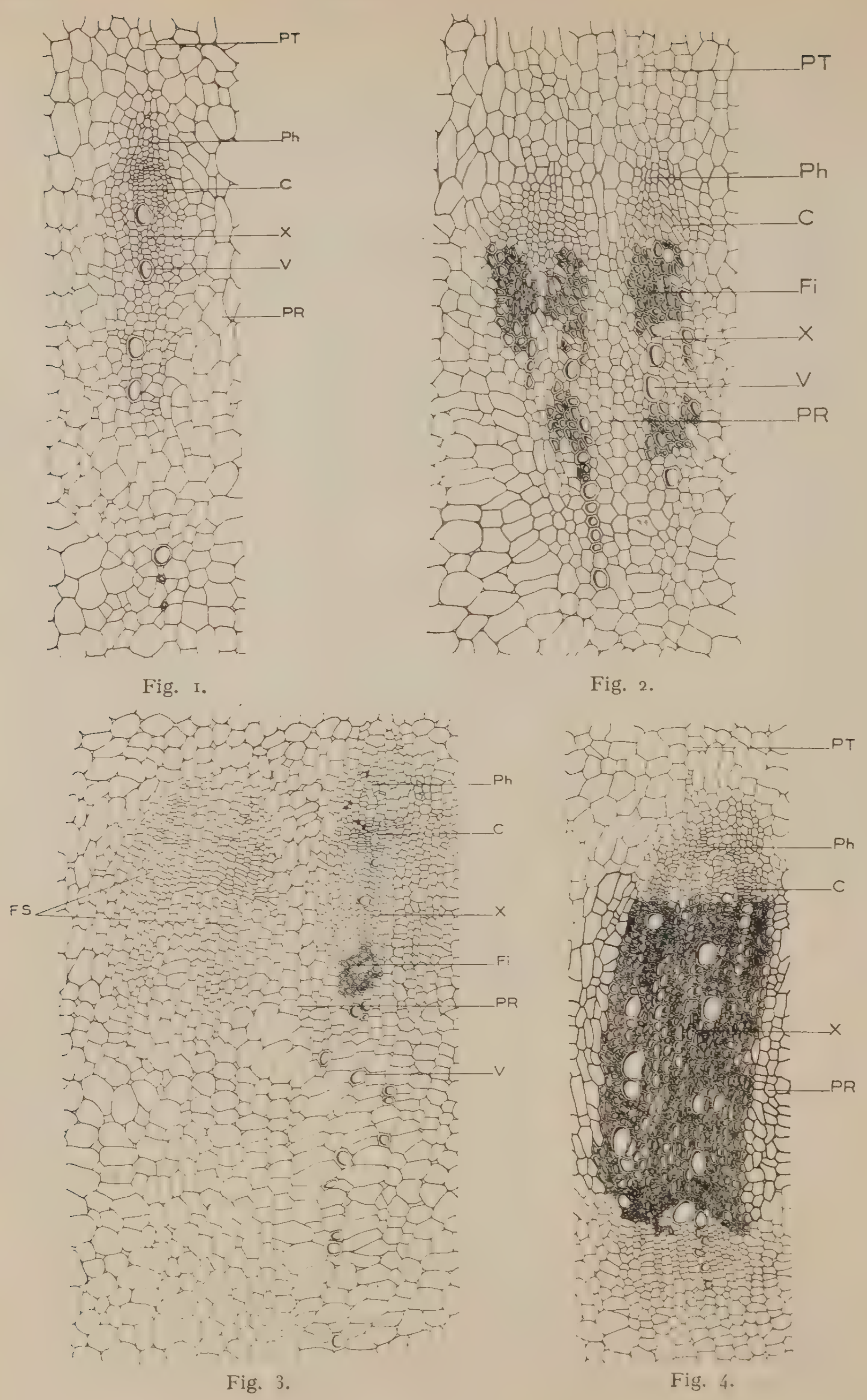


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 1. — Faisceau cribro-vasculaire d'une racine « non fibreuse » de première année. PT, parenchyme tangentiel; Ph, phloème; C, cambium; X, xylème; V, vaisseaux; PR, parenchyme radial.

Fig. 2. — Faisceau cribro-vasculaire d'une racine « fibreuse » de première année. PT, parenchyme tangentiel; Ph, phloème; C, cambium; Fi, fibres; X, xylème; V, vaisseaux; PR, parenchyme radial.

Fig. 3. — Faisceau cribro-vasculaire d'une racine de deuxième année prélevée au mois de juin. Ph, phloème; C, cambium; X, xylème; Fi, fibres; PR, parenchyme radial; V, vaisseaux; FS, faisceaux surnuméraires.

Fig. 4. — Faisceau cribro-vasculaire d'une betterave montée. PT, parenchyme tangentiel; Ph, phloème; C, cambium; X, xylème; PR, parenchyme radial.

Afin de comparer la composition chimique des fibres de première année et de celles de seconde année, nous avons réalisé quelques réactions colorées classiques. Dans tous les échantillons étudiés les vaisseaux ont donné une réaction positive aux colorations suivantes : vert d'iode, réaction de Cross et Bevan, phloroglucine, indol, réaction de Maüle, réaction de Combes. L'orcine et la résorcine n'ont donné qu'une coloration très faible. Les fibres et le parenchyme lignifié présentaient, comme les vaisseaux, une réaction positive au vert d'iode et au réactif de Cross et Bevan. La réaction de Maüle était beaucoup plus intense que pour les vaisseaux, mais, par contre, la réaction de Combes était moins marquée. Enfin, la phloroglucine, l'indol, l'orcine et la résorcine ont fourni des résultats négatifs.

On voit donc que la lignine des vaisseaux est différente de celle des fibres. Par contre, nous n'avons pas constaté de différence entre la lignine des fibres de première et de seconde année. Tout se passe comme si la fibrosité observée sporadiquement en première année était liée à un début de montaison. Nous avons étudié pour finir le mode de différenciation des fibres. Les résultats de cette étude seront publiés ultérieurement.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) E. Artschwager, *J. Agric. Res.*, 33, 1926, p. 143-176.

(2) E. Artschwager, *J. Agric. Res.*, 40, 1930, p. 867-915.

(3) M. Martens, *Inst. Intern. Rech. Betteravières, XXII*e *Congrès d'Hiver*, Bruxelles, 1959.

(4) H. Rietberg, *Inst. Intern. Rech. Betteravières, XX*e *Congrès d'Hiver*, Bruxelles, 1957.

(5) Ph. Van Tieghem, *Ann. Sc. Nat., Bot.*, 5e série, 13, 1870-1871, p. 1-134.

(6) Les planchons ont été fournis par M. Michel Desprez. M. Longchamp a assuré leur culture à l'Institut National de la Recherche Agronomique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'oxydation enzymatique de l'acide β-indolylacétique. Les produits formés.* Note de M. **Paul-Émile Pilet**, présentée par M. Raoul Combes.

L'utilisation d'acide β-indolylacétique marqué par du radiocarbone dans le noyau en position α du cycle [1] nous a permis, en utilisant des techniques radiochromatographiques [2], de préciser la nature de quelques produits résultant de la dégradation, par voie enzymatique, de l'acide β-indolylacétique (ABIA).

Nous rappellerons brièvement notre technique :

Un extrait enzymatique, préparé à partir de pointes de racines du *Lens* préalablement lyophilisées, est ajouté à de l'ABIA dans les proportions suivantes : 8 ml d'extrait, 24 ml de solution tampon (Na_2HPO_4-KH_2PO_4) de pH 6,1 et 8 ml d'ABIA (50 μg/ml). Après une incubation de 60 mn dans un thermostat avec agitateur (obscurité, 28°C±0,5), 4 ml du mélange sont prélevés auxquels on ajoute 1 ml d'acide tartrique (0,1 M) pour atteindre un pH de 4,5 et on complète ensuite à 10 ml avec de l'éther sans peroxyde. La mixture est conservée 60 mn à + 2°C puis réduite à 2 ml [3]. On procède alors à la séparation chromatographique en réalisant une chromatographie ascendante sur Whatmann n° 1 (25°C) en employant le solvant suivant : (80) isopropanol, (10) ammoniaque 28 % et (10) eau.

Plusieurs substances ont ainsi pu être décelées dont la nature chimique de certaines a été discutée ailleurs [4].

Un *produit I* qui paraît être de la β-indolylaldéhyde : il a pratiquement le même R_f (moyenne : 0,83) et donne avec les réactifs de Salkowski (H_2SO_4 et $FeCl_3$), d'Ehrlich (HCl et *p*-diméthylaminobenzaldéhyde) et de Hopkins-Cole (H_2SO_4 et acide glyoxilique) un résultat positif. De plus, cette substance est un aldéhyde, car elle donne avec la *p*-rosaniline hydrochlorique, décolorée par H_2SO_3, une coloration caractéristique. Cette substance a d'ailleurs été identifiée dans des extraits divers [5].

Un *produit II* qui a un R_f moyen de 0,18 et ne donne plus les réactions du noyau indolique.

Un *produit III* qui a un R_f moyen de 0,30 et n'est pas non plus un dérivé indolique.

Il n'est pas exclu que ces deux produits ne soient voisins de l'*o*-formamidoacétophénone et de l'*o*-aminoacétophénone [6] ; en tous les cas, on se trouve en face de composés encore marqués par du radiocarbone (donc dérivant de l'ABIA) mais qui ne possèdent plus un noyau indolique.

Un *produit IV* dont le R_f moyen est de 0,69 et qui donne la réaction aldéhydique de Tollen bien qu'il ne semble pas y avoir formation de dinitrophénylhydrazone. Cette substance pourrait bien être le 3-hydroxy, 3-méthyle oxindole précédemment signalé [7] et dont le spectre d'absorption en infrarouge et en ultraviolet correspond très exactement avec celui des produits d'oxydation de l'ABIA par des extraits d'*Omphalia* [8].

Ainsi donc, l'ABIA dégradé enzymatiquement subirait bien deux séries de réactions (3) qui toucheraient sa *chaîne* et son *cycle*. En présence d'extrait enzymatique de racines du *Lens*, la chaîne latérale serait progressivement réduite avec formation successive d'acide β-indolylglycolique (A), d'acide β-indolylglyoxylique (B), de β-indolylaldéhyde (C) et finalement de 3-hydroxy, 3-méthyle oxindole (D) ou de produits voisins.

Parallèlement, il apparaîtrait, par transformation du noyau indolique, de l'acide *o*-formamidobenzoylacétique (A), de l'*o*-formamidoacétophénone (B) et de l'*o*-aminoacétophénone ou des composés voisins.

Pourtant, si les cycles paraissent clairs, toutes les étapes ne sont pas nécessairement représentées parce que les substances envisagées ne sont que des composés de transition. D'un extrait à l'autre, d'autre part, préparés avec des tissus provenant d'espèces distinctes, les résultats peuvent être évidemment très différents.

(1) L. Pichat, M. Audinot et J. Monnet, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 21, 1954, p. 85.

(2) P. E. Pilet et P. Lerch, *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.*, 78, 1960, p. 213. P. E. Pilet, *Les Phytohormones de croissance*, Masson, Paris, 1961, p. 143-148.

(3) P. Larsen, in *Moderne Methoden der Pflanzen Analyse*, K. Paech et M. V. Tracey, Springer-Verlag, Berlin, 3, 1955, p. 565; P. E. Pilet, *Rev. gén. Bot.*, 65, 1955, p. 608.

([4]) P. E. Pilet, *Rev. gén. Bot.*, 67, 1960, p. 298; *Physiol. Plant.*, 13, 1960, p. 766.
([5]) D. Racusen, *Arch. Biochem. Biophys.*, 64, 1956, p. 193.
([6]) D. T. Manning et A. W. Galston, *Plant Physiol.*, 30, 1955, p. 225.
([7]) P. M. Ray, *VIIIe Congr. international de Bot.*, 1954, p. 135; *Arch. Biochem. Biophys.*, 64, 1956, p. 193.
([8]) P. M. Ray et K. V. Thimann, *Science*, 122, 1955, p. 187.
([9]) A. W. Galston, in *The chemistry and mode of action of plant growth substances*, R. L. Wain and F. Wightman, Butterworths scient. Publ., London, 1956, p. 219.
([10]) P. E. Pilet, *Les phytohormones de croissance*, Masson, Paris, 1961, p. 340-344.

(*Laboratoire de Physiologie végétale de l'Université de Lausanne.*)

RADIOBIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de deux applications successives de rayons X sur le développement de tissus normaux de Scorsonère cultivés* in vitro. Note (*) de M. **Robert Jonard**, présentée par M. Roger Gautheret.

Une application de rayons X provoque une inhibition de la croissance des tissus normaux de Scorsonère; mais ces tissus recouvrent ultérieurement un régime normal de croissance. Une seconde irradiation provoque une inhibition plus importante que la première. Cette exaltation de la radiosensibilité semble indépendante de la dose donnée à la première irradiation.

Des fragments de tissus normaux de Scorsonère sont irradiés après 15 jours de culture (tube à rayons X de 180 kV et 10 mA d'intensité, muni d'un filtre en aluminium de 2 mm; la distance à la source étant de 52 cm, on obtient 50 r/mn) sur un milieu minéral glucosé (5 %) et gélosé additionné de 10^{-7} d'acide indole-acétique. On les transfère ensuite sur un milieu neuf et l'on évalue l'accroissement en poids frais un mois après l'irradiation.

L'examen de la figure 1 qui résume les résultats, montre une inhibition de la croissance aux doses de 1500 et 2 000 r et aucune action apparente aux doses de 500 et 1000 r (la légère stimulation de croissance observée pour 500 r n'est pas significative à la probabilité de 95 %).

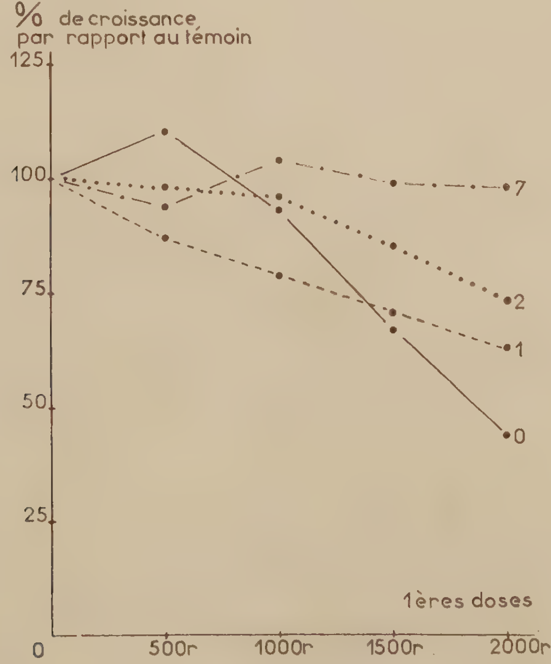


Fig. 1. — Inhibition de la croissance de tissus normaux de Scorsonère sous l'action de diverses doses de rayons X (courbe O, en traits pleins) et rétablissement d'une croissance normale au cours des passages suivant l'irradiation : 1, 1er passage, 4 mois après l'irradiation; 2, 2e passage, 7 mois après l'irradiation; 7, 7e passage, 18 mois après l'irradiation.

Un mois après l'irradiation, les colonies furent pesées puis repiquées à plusieurs reprises. Les résultats obtenus au cours de ces passages successifs, sont également réunis dans la figure 1. Son examen permet de constater, au cours du deuxième passage, une inhibition significative de la croissance pour toutes les doses alors qu'aussitôt après l'irradiation, seules les doses de 1500 et 2 000 r avaient provoqué une inhibition.

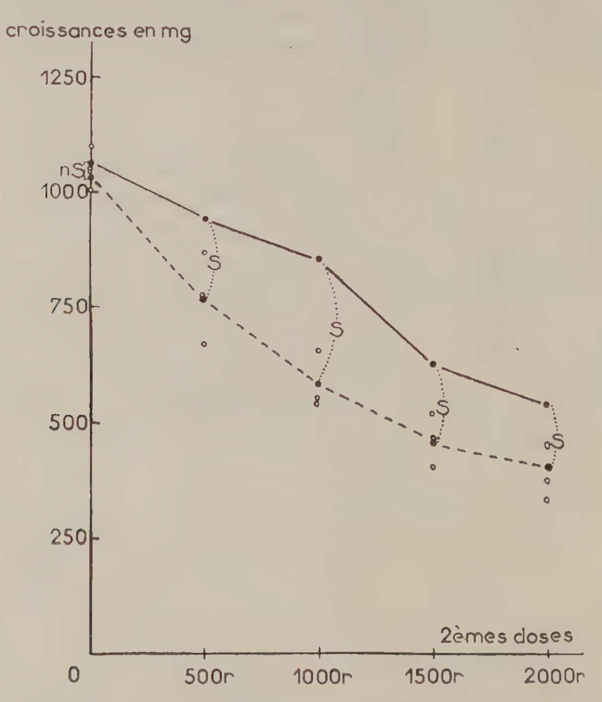


Fig. 2. — Action d'une seconde irradiation sur les tissus normaux de Scorsonère cultivés *in vitro*.
Courbe témoin correspondant à des tissus venant de subir une première irradiation : en traits pleins.
Courbe moyenne pour les tissus ayant reçu une seconde irradiation (en pointillés).
Les cercles évidés correspondent aux résultats individuels.
S, résultats significatifs; NS, résultats non significatifs.

Dans le second passage suivant l'irradiation, on observe un début de rétablissement de l'activité des colonies ayant reçu ces deux doses de rayons X. Ce rétablissement a été progressif pour toutes les colonies issues des tissus irradiés, jusqu'à la fin du troisième passage (8 mois) où la croissance avait alors recouvré dans tous les cas, une valeur normale.

Après de nombreux passages échelonnés sur 18 mois, les colonies issues des tissus irradiés ont été soumises à une seconde irradiation (250 kV, 10 mA, 100 r/mn) au cours du 20e jour suivant le repiquage. Des colonies témoins issues de tissus n'ayant pas été irradiés au cours de l'expérience précédente, ont subi à cet instant une première irradiation.

La figure 2 résume les résultats enregistrés 40 jours après cette seconde irradiation : son examen permet de constater qu'une première irradiation a rendu les tissus plus sensibles à l'action d'une seconde; les nombreuses nécroses observées à la suite de la deuxième irradiation de 1 500 et 2 000 r indiquent que la première irradiation a augmenté la radiosensibilité des tissus. D'autre part, l'analyse statistique des résultats a montré que, pour une deuxième dose de 500 et 1000 r, on obtient une diminution de croissance significativement plus forte que celle provoquée par une première irradiation. Enfin, l'importance de la diminution de croissance provoquée par la seconde irradiation est indépendante de la dose reçue lors de la première. L'augmentation de radiosensibilité conférée par une irradiation préalable, est donc indépendante de la dose reçue par les tissus lors de cette première irradiation.

L'étude du premier passage suivant la seconde irradiation a en outre, montré que l'inhibition de croissance provoquée par la seconde application s'accentue lorsque les doses fournies lors du second traitement, étaient de 1500 et 2 000 r, fait que confirme le nombre élevé de nécroses observées dans ces deux cas. Lorsque les doses reçues par les tissus lors du second traitement, étaient de 500 et 1000 r; les cultures ont récupéré normalement, parfois même la croissance a paru stimulée. On enregistra dans les deux cas, peu ou pas de nécroses.

En conclusion, les colonies issues de tissus ayant subi une irradiation par les rayons X manifestent d'abord une croissance réduite, puis récupèrent progressivement leur rythme primitif de prolifération. Si on leur fait subir alors une seconde irradiation, on constate que leur radiosensibilité est plus forte que celle des tissus identiques n'ayant pas encore été traités; cette exaltation de radiosensibilité est d'ailleurs indépendante de la dose reçue lors de la première irradiation.

(*) Séance du 29 mai 1961.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la distinction entre les Grégarines des familles des* Cephaloidophoridæ *et des* Porosporidæ, *parasites de Crustacés Décapodes.* Note (*) de M. **Jean Théodoridès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La famille des *Porosporidæ* Labbé 1899 comprend des Grégarines hétéroxènes évoluant chez des Crustacés Décapodes (phase végétative) et des Mollusques Lamellibranches (gamétogonie et sporogonie). Seuls deux genres étaient connus jusqu'ici : *Porospora* et *Nematopsis*.

Des recherches effectuées à Banyuls, nous ont permis de préciser un certain nombre de faits relatifs à ces Grégarines qui seront repris dans un mémoire plus détaillé.

1. Le Crabe *Calappa granulata* héberge presque constamment dans son intestin une Grégarine dont nous avons observé tout le cycle végétatif (associations, kystes et gymnospores) ([1]).

Les associations qui ne comprennent que deux individus présentent ceci de remarquable que le protomérite du satellite a disparu et, qu'en outre, les deux individus associés ont un épicyte commun sans septum (*fig.* 1, B).

G. H. Ball (1951) ([2]) a décrit sous le nom de *Carcinœcetes calappæ*, une Grégarine très voisine observée chez *Calappa flammea* aux Bermudes; d'après ses figures, il est cependant très difficile de savoir si les deux espèces sont identiques, mais un point semble bien établi : c'est que sous le nom de genre *Carcinœcetes* créé par le même auteur en 1938 ([3]) et placé, par lui dans la famille des *Cephaloidophoridæ* Kamm 1922 *ont été en fait décrits des stades végétatifs de Porosporidæ.*

En effet, si l'on se reporte au travail de P. Hatt ([4]) on voit que cet auteur décrit et figure (p. 395, *fig.* XXXV) des chaînes d'individus associés de *Nematopsis legeri* provenant des Crabes *Eriphia* qui rappellent en tous points les figures de *Carcinœcetes hesperus* (provenant du crabe *Pachygrapsus*) que donne G. H. Ball (1938).

On peut donc dire avec certitude que *Carcinœcetes* est désormais synonyme de *Porospora*.

2. On trouve également chez les Crustacés Décapodes des Grégarines assez voisines morphologiquement au premier abord, des *Porosporidæ*, mais monoxènes et effectuant tout leur cycle chez les Crustacés; ce sont les *Cephaloidophoridæ*.

Dans cette famille, l'association se fait entre deux individus qui sont les futurs gamontes, elle donnera donc une vraie syzygie, comme chez les *Gregarinidæ*.

Cephaloidophora ocellata, espèce très commune à Banyuls dans l'intestin du Pagure *Eupagurus prideauxi*, nous a permis d'observer un caractère

morphologique évident qui différencie tout de suite les *Cephaloidophoridæ* des *Porosporidæ* : c'est la présence du protomérite chez le satellite et l'existence d'un septum nettement différencié entre le primite et le satellite qui gardent ainsi leur épicyte propre (*fig.* 1, A).

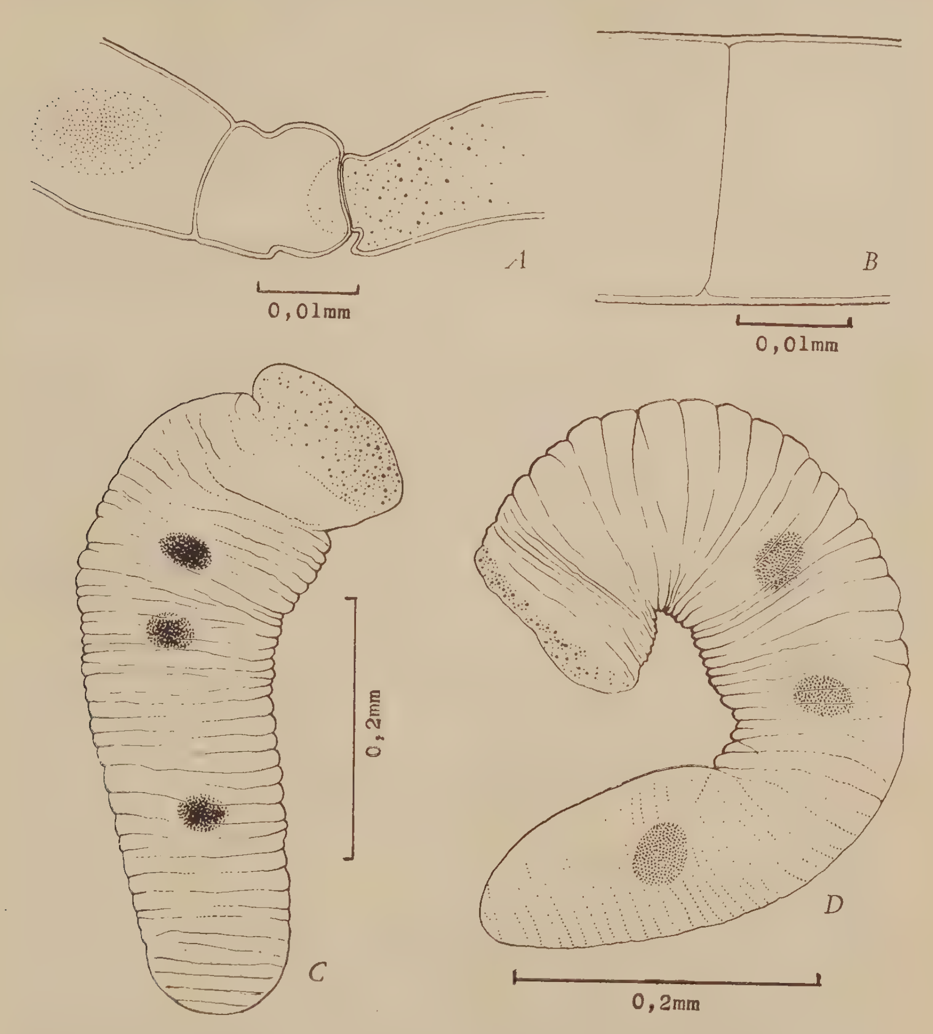


Fig. 1. — A, détail de l'association entre deux individus de *Cephaloidophora ocellata* montrant la séparation nette entre le primite (*à droite*) et le satellite (*à gauche*). B, détail de l'association entre deux individus de la Grégarine de *Calappa granulata* montrant l'absence de septum entre primite (*à droite*) et satellite (*à gauche*) et la continuité de l'épicyte. C. D, *Pachyporospora laubieri* n. g. n. sp. deux exemplaires à trois noyaux; on notera l'absence totale de cloisonnement entre individus associés.

L'aspect relativement semblable des associations dans ces deux familles de Grégarines a été la source de confusions faites par des auteurs aussi avertis que Léger et Duboscq.

En effet, ces derniers, étudiant *Porospora portunidarum* dont les individus associés en chaîne possèdent un protomérite, écrivent (5) :

« Dans les syzygies (en fait associations), le protomérite reste distinct. Il disparaît, au contraire, toujours chez *P. legeri* et parfois chez *P. gigantea*. La disparition du protomérite des satellites est pour nous un phénomène contingent et de valeur tout au plus spécifique. »

Cette dernière interprétation est, selon nous, fautive, car le cloisonnement du (ou des) satellite(s) est au contraire un caractère *de la plus grande importance* pour séparer les *Cephaloidophoridæ des Porosporidæ.*

Et c'est précisément parce que Léger et Duboscq faisaient cette confusion que, pour eux, le caractère était contingent !

Selon nous, *P. portunidarum* de même que *P. nephropis*, que les mêmes auteurs étudièrent ultérieurement (6), (7), seraient en fait des *Cephaloidophoridæ.*

3. Nous avons enfin observé, toujours à Banyuls, dans l'intestin du Crabe *Atelecyclus septemdentatus* une très curieuse Grégarine dont les seuls stades obtenus jusqu'à présent consistent en des individus de grande taille (500 à plus de 700 μ), à épicyte épais, fortement plissé, les plis entaillant assez profondément l'entocyte, et dont le nombre de noyaux varie de deux à trois (*fig.* 1, C, D).

Le protomérite est peu différencié (pas de septum net) et présente une structure plus ou moins lobée. Selon nous, cette Grégarine appartient également aux *Porosporidæ*; la fusion entre les individus associés y est devenue si complète qu'aucune cloison ne subsiste entre eux, donnant à ce curieux parasite l'apparence insolite d'une Grégarine bi- ou trinucléée.

Nous la considèrerons donc comme un genre différent de *Porospora* et *Nematopsis* et nous la nommerons provisoirement *Pachyporospora laubieri* n. g. n. sp. nous réservant d'en donner ultérieurement une description complète.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) Léger, Duboscq et Trégouboff auraient vu cette espèce, mais ne l'ont pas décrite (*cf.* Léger et Duboscq, *Trav. Stat. Zool. Wimereux*, 9, 1925, p. 129).

(2) *Univ. Calif. Publ. Zool.*, 47, nº 14, 1951, p. 351-408, *pl.* 34-37.

(3) *Arch. f. Protist.*, 90, 1938, p. 299-319, *pl.* 14.

(4) *Arch. Zool. Exp. Gén.*; 72, 1931, p. 341-415, *pl.* III-IV.

(5) *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 5e série, 1910-1911, N. et R. VI, p. LIX-LXX (*cf.* p. LXII).

(6) *C. R. Soc. Biol.*, 75, 1913, p. 95-98, *pl.* I.

(7) *Ibid.*, 78, 1915, p. 368-371.

(*Laboratoire d'Évolution des Êtres organisés, Faculté des Sciences de Paris* et *Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer.*)

EMBRYOLOGIE. — *Recherches sur les facteurs déterminant la migration des cellules de l'uretère primaire* (*Amphibiens Anoures*). Note (*) de MM. **Jean-Daniel Gipouloux** et **Roger Cambar**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'uretère primaire s'édifie en totalité par migration, en direction postérieure, des cellules du blastème urétéral. Cette migration se déroule suivant une « voie » privilégiée, à l'exclusion de toute autre. Les cellules les plus postérieures émigrent jusqu'au rectum, le déplacement effectué par les autres devenant d'autant plus court que leur situation dans le blastème est plus antérieure. Or, toutes les cellules du blastème primitif, quelle que soit leur situation dans le blastème, possèdent un égal pouvoir de migration (Cambar et Gipouloux, 1958). Les différences d'étendues de la migration des cellules urétérales présomptives semblent donc être sous la dépendance de facteurs externes, étrangers au blastème.

N'existerait-il pas, émanant de la « voie » ou la bordant, des substances douées d'activité chimiotactiques à l'égard des cellules urétérales, qui guideraient et activeraient électivement la migration de ces dernières et seraient graduellement épuisées au fur et à mesure du passage des cellules en voie de migration?

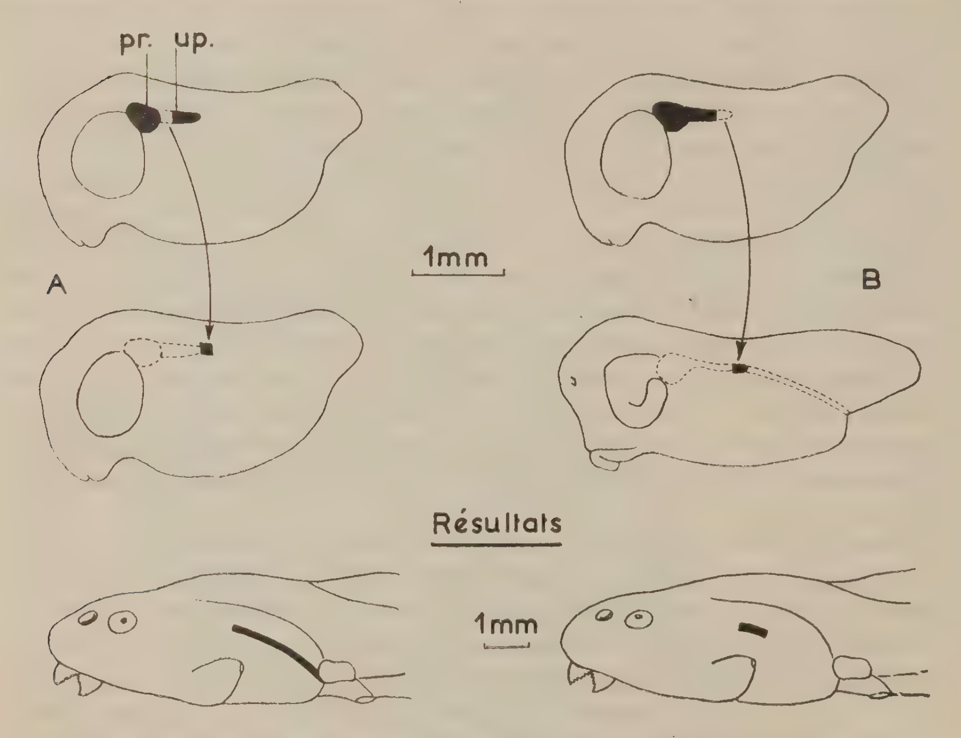
Matériel et méthodes. — Nous utilisons des embryons de Crapaud commun (*Bufo bufo* L.), à des stades précoces du développement ([2]). Deux séries d'opérations ont été pratiquées, toujours d'un seul côté de l'embryon.

Série A. — On enlève l'ébauche de l'uretère primaire, avant toute migration des cellules constitutives (stade III_1, longueur : 3,5 mm). On place sur la « voie » présomptive qu'aurait suivie l'uretère, la région proximale du blastème urétéral d'un autre embryon au même stade de développement. Les cellules de cette région du blastème subissent, en situation normale, la migration la plus faible, presque nulle (R. Cambar et J.-D. Gipouloux, 1957) ([3]). Le greffon (constitué des cellules reconnues les moins mobiles) est donc placé en terrain « vierge ».

Série B. — On enlève totalement l'uretère primaire d'un embryon, dès que le conduit est normalement édifié (stade III_4, longueur : 4,0 mm). Sur la voie déjà suivie par le canal, mais expérimentalement privée de celui-ci, on place la région *distale* du blastème de l'uretère primaire, prélevée chez un embryon plus jeune (stade III_1), région dont les cellules consitutives émigrent normalement le plus activement (*loc. cit.*). Ce greffon est donc situé en terrain supposé « usé ».

Résultats. — Dans le premier cas, les cellules du greffon subissent une migration étendue en direction postérieure. Après quelques jours, elles ont édifié un long fragment d'uretère primaire, dont l'extrémité distale est

normalement accolée au rectum. Elles ont donc effectué une migration très différente, en amplitude, de celle, presque nulle, qu'elles auraient subie si elles étaient restées à leur emplacement normal. L'étendue de leur migration est donc indépendante de la situation qu'elles occupent dans le blastème. Au contraire, leur migration est bien contingente et dépend, dans le cas présent, du caractère « vierge » de la voie offerte à leur cheminement. On doit donc conclure à l'existence de facteurs particuliers, exté-



En haut : les deux types d'opérations (greffe d'un fragment d'uretère primaire); pr., pronéphros; up., uretère primaire.
En bas : les résultats (en noir, les régions de l'uretère primaire édifiées).

rieurs au blastème, répartis le long des territoires bordant la voie suivie par les cellules blastématiques, et qui déterminent et guident la migration cellulaire. Leur absence ou leur inactivation entraîne la limitation et l'arrêt de cette migration.

Dans le second cas, nous n'observons aucune migration notable du greffon. S'il avait été placé sur une voie « vierge » (conditions normales du développement de l'uretère), ses cellules auraient émigré jusqu'au rectum. Dans le cas présent, les cellules du greffon édifient sur place, ou seulement après un déplacement minime, un court fragment d'uretère primaire, dont la longueur n'excède pratiquement pas la longueur même du greffon. Ainsi, la « voie » le long de laquelle a déjà été édifié un uretère primaire est, de ce

fait, devenue inapte à permettre une nouvelle fois la migration des cellules blastématiques. Les facteurs favorisant cette migration paraissent donc épuisés à l'issue d'une première migration ou, au moins, affaiblis à un tel degré qu'ils sont devenus inefficaces. La « voie » qu'ont suivie les cellules du blastème urétéral au cours de leur migration normale est donc bien devenue « usée ».

Le cheminement des cellules blastématiques selon une voie immuable implique le contact de celles-ci avec des surfaces envers lesquelles ces cellules manifestent l'affinité la plus élevée, donc sélective.

Deux hypothèses explicatives sont possibles :

— On peut supposer qu'il existe un gradient antéro-postérieur d'adhésivité émanant de la « voie », une sorte d'attraction par contact d'intensité croissante, en direction postérieure, donc maximale au niveau du rectum; ces faits paraissent très improbables et, en outre, sont partiellement infirmés par divers résultats expérimentaux.

— Au contraire, on peut penser que la voie exerce une attraction de même intensité en tous ses points sur les cellules migratrices, mais que celles-ci utilisent (en totalité ou en partie), ou rendent inactives, les substances émanant de la voie dès qu'elles sont à leur contact. De ce fait, l'attraction cessant dès le premier contact, les cellules seraient mobilisées, puisque attirées par la région voisine de la voie, encore vierge, où le même phénomène se reproduirait. Ainsi, de proche en proche, s'effectuerait la migration par modification concominante des propriétés chimiques des surfaces cellulaires bordant la voie, avec usure ou inactivation des propriétés de cette dernière. De la sorte, seraient expliqués simultanément le déplacement et le guidage des cellules blastématiques, ainsi que la non-accumulation de ces dernières au niveau du rectum et leur répartition régulière le long de la voie de migration. Cette hypothèse implique, en outre, l'existence d'une répartition progressivement décroissante vers l'arrière des substances actives bordant la voie.

De telles tentatives d'explication restent encore très théoriques, mais, étant les plus proches des faits observés, fournissent les plus fructueuses hypothèses de travail.

(*) Séance du 29 mai 1961.
(1) *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 312.
(2) *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 15, n° 2, 1956, p. 198-217.
(3) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 3085.

(*Laboratoire de Biologie animale, Faculté des Sciences, Bordeaux.*)

PHYSIOLOGIE. — *Étude de la lipémie du Lapin et des facteurs qui le conditionnent. Influence de l'alimentation après un jeûne de* 24 h. Note de MM. **Théophile Cahn** et **Jacques Houget**, présentée par M. Robert Courrier.

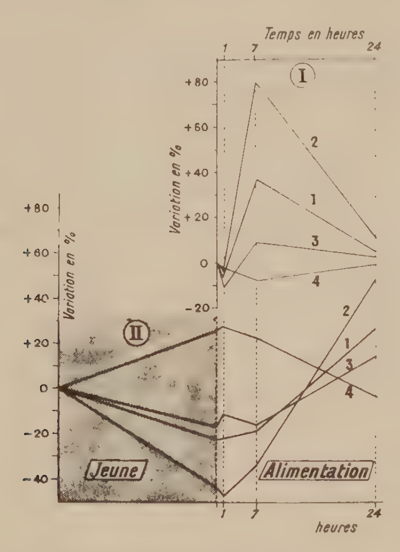
Chez le Lapin alimenté après un jeûne de 24 h il n'y a pas l'augmentation des glycérides plasmatiques 4 à 7 h après le début du repas traduisant la synthèse de lipides à partir des glucides alimentaires; on la constate au bout de 24 h et ce retard doit être dû au fait que les glucides absorbés reconstituent d'abord les dépôts de glycogène avant que leur surplus ne soit transformé en lipides.

L'étude des échanges respiratoires du Lapin et l'analyse de l'intestin grèle nous ont montré (1), (2) qu'au cours de l'absorption digestive une grande partie des glucides alimentaires sont transformés en lipides. Traduisant cette synthèse, il y a une augmentation importante des lipides plasmatiques 4 et 7 h après le début de l'ingestion du repas; cette intensification du transport ne concerne que les glycérides, les autres constituants (phospholipides, esters de cholestérol, cholestérol libre) ne sont pratiquement pas touchés (3). Cette transformation précoce des glucides alimentaires en lipides est obligatoire chez un animal dont la nourriture est essentiellement composée de glucides et qui, dans les conditions habituelles, ne peut guère mettre en réserve plus du dizième des quantités de sucres ingérées (4). On pouvait penser que la transformation nécessaire serait plus tardive si les dépôts de glycogène étaient fortement réduits par un jeûne préalable, permettant une mise en réserve de sucres plus importante. C'est pour vérifier cette hypothèse que nous avons entrepris les recherches suivantes.

Toutes nos expériences ont été faites sur des lapins de race Zoo, élevés au laboratoire. Ils reçoivent d'ordinaire à 11 h leur ration journalière de 500 Cal, composée d'avoine, de luzerne et de choux. Deux jours de suite on prélève, juste avant, 2 ml de sang afin de faire l'analyse des lipides plasmatiques (acides gras estérifiés totaux, acides gras des glycérides, des phospholipides, des stérides, cholestérol libre) par les méthodes décrites antérieurement (5). Puis on laisse les animaux à jeun pendant 24 h à la fin desquelles une prise de sang permet de connaître la valeur des différents constituants lipidiques. On donne alors aux animaux leur ration habituelle et l'on effectue les analyse du plasma 1, 7 et 24 h après.

Nous avons opéré ainsi sur cinq animaux, deux mâles et trois femelles. Les dosages des deux premiers jours précédant le jeûne nous ont montré une fois de plus (6) que d'un jour à l'autre les constituants lipidiques du plasma pouvaient varier d'une façon très sensible, et nous n'en connaissons toujours pas les causes. Après un jeûne de 24 h nous retrouvons la baisse des acides gras des glycérides et des phospholipides ainsi que l'augmen-

tation constante des esters de cholestérol que nous avons décrite antérieurement [7]. Lorsque les animaux recommencent à s'alimenter après ce jeûne d'un jour, nous avons constaté que l'évolution de leurs lipides plasmatiques est différente de celle des animaux régulièrement nourris. Les graphiques I et II qui représentent les variations moyennes (en pourcent des valeurs de départ) pour ces deux types d'animaux montrent en effet que la forte élévation des acides gras totaux et surtout des glycérides, qui est de règle chez l'animal témoin 7 h après le début de son repas



Graphique I. — Animal témoin alimenté.

Graphique II. — Animal jeûneur 24 h, puis alimenté.

Graphiques I et II. — Pourcentages moyens de variation des constituants lipidiques du plasma en fonction du temps écoulé depuis le début du repas : 1, acides gras totaux; 2, glycérides; 3, phospholipides; 4, stérides.

(graphique I), ne se retrouve plus chez l'animal ayant jeûné le jour précédent (graphique II) : il y a bien une légère augmentation mais d'un ordre de grandeur tout à fait différent. Par contre au bout de 24 h, alors que chez les animaux témoins les constituants lipidiques ont à peu près repris leurs valeurs de la veille, nous voyons que chez ceux qui ont jeûné ces constituants se retrouvent fortement augmentés, dépassant même (près de 50 % pour les glycérides) leurs valeurs d'avant le jeûne. Seuls les esters de cholestérol, qui lors du jeûne ont augmenté nettement de concentration, commencent à diminuer lorsque reprend l'alimentation et retrouvent leur valeur normale au bout de 24 h. Ces faits sont en bon accord avec ce qu'on peut déduire de nos résultats antérieurs : au sortir du jeûne, le niveau des réserves de glycogène de l'animal est beaucoup plus bas que d'ordinaire et les sucres apportés par l'alimentation sont

d'abord utilisés principalement pour reconstituer ces réserves; c'est donc plus tardivement que le surplus des glucides subira la transformation en graisses d'où au bout de 7 h l'absence de l'intensification habituelle du transport plasmatique de lipides et son apparition au bout de 24 h.

Pourtant il faut faire quelques réserves. D'abord on pourrait penser que, comme au cours du jeûne la mobilisation des lipides n'atteint pas d'emblée son intensité maximale ([7]), une partie importante de l'augmentation de la lipémie que nous constatons ici peut être due au reliquat de la mobilisation induite par le jeûne préalable. Il est impossible de lever expérimentalement cette difficulté; nous ne croyons pas qu'il faille y attacher beaucoup d'importance puisque si le jeûne continue et si, par conséquent, les incitations à l'accroissement de la mobilisation s'ajoutent encore, la remontée de la lipémie le deuxième jour de jeûne ne la raméne pas encore à sa valeur normale. Une objection plus sérieuse tient au fait que très régulièrement après le jeûne de 24 h, les animaux n'absorbent pas leur ration à la même vitesse que les animaux témoins : alors qu'en 7 h ces derniers ont déjà ingéré en moyenne 77 % de leur ration, ceux qui ont jeûné la veille n'en ont mangé que 45 %. Le rythme alimentaire étant ralenti doit évidemment repousser à plus tard l'augmentation de la lipémie due à la conversion des sucres en graisses. Et en effet, quand dans certaines expériences nous avons imposé aux animaux normaux un rythme alimentaire analogue à celui constaté ici, nous avons trouvé au bout de 24 h une augmentation moyenne de la lipémie beaucoup plus importante que d'ordinaire mais cependant nettement inférieure à celle que nous trouvons ici.

([1]) Th. Cahn et J. Houget, *J. Physiol.* (Paris), 44, 1952, p. 115; *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 144.

([2]) Th. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 407; *J. Physiol.* (Paris), 48, 1956, p. 427; *Acta Physiol. Pharm. Neerl.*, 6, 1957, p. 85.

([3]) Th. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 200.

([4]) Th. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 452.

([5]) J. Houget et G. Boutou, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 40, 1958, p. 1663.

([6]) Th. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 2848.

([7]) Th. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2419.

(*Institut de Biologie physicochimique, Laboratoire de Physiologie*, 13, *rue Pierre-Curie, Paris*, 5e.)

PHYSIOLOGIE. — *Influence de divers états nutritionnels sur l'activité de la 5-nucléotidase.* Note (*) de Mlle **Thérèse Terroine** [1], présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'inanition totale ou protéique, les carences aiguës en thiamine, riboflavine ou pyridoxine exercent des influences souvent profondes mais entièrement différentes sur l'activité de la 5-nucléotidase du foie ou du testicule de Rat.

Aucune étude systématique n'ayant jusqu'ici recherché les influences nutritionnelles sur l'activité de la 5-nucléotidase, il nous a semblé intéressant d'entreprendre une telle investigation en vue de préciser le rôle physiologique de cette enzyme.

Les états nutritionnels suivants sont étudiés : inanition totale ou protéique, carence aiguë en thiamine, riboflavine ou pyridoxine. Les conséquences de ces divers facteurs sur l'activité de la 5-nucléotidase sont recherchées sur l'homogénat total de deux organes du rat mâle albinos Wistar, le foie et le testicule, chez lesquels l'enzyme est particulièrement active. L'activité de la 5-nucléotidase est mesurée par la technique de Ahmed et Reis [2] en dosant le H_3PO_4 minéral que l'enzyme libère par hydrolyse de l'acide adénylique du muscle utilisé comme substrat. Les valeurs de H_3PO_4 libéré sont rapportées soit au milligramme de tissu frais et à l'heure, soit à l'organe total en pourcentage du poids corporel. Elles expriment donc respectivement l'activité de l'enzyme d'un organe donné ou la part qui revient à cette activité dans le métabolisme global de l'animal. L'influence des carences nutritionnelles est établie par comparaison avec des régimes témoins parfaitement équilibrés administrés *ad libitum* ou en quantité restreinte à celle ingérée dans ces carences. Il est ainsi possible de déterminer si une carence modifie spécifiquement l'activité de la 5-nuclétidase ou banalement seulement par suite de la diminution d'appétit qu'elle entraîne.

De l'ensemble de nos résultats, il ressort que les facteurs nutritionnels étudiés exercent des influences différentes selon qu'il s'agit de la 5-nucléotidase du foie ou du testicule :

1° *En ce qui concerne l'activité de la 5-nucléotidase du foie : a. l'inanition totale* augmente uniquement l'activité de l'enzyme exprimée en phosphore libéré par milligramme de foie laquelle est accrue de 40 % ; *b. la sous-alimentation prolongée*, instituée chez des sujets adultes (témoins restreints de l'expérience II) ou au sevrage (témoins restreints des expériences III, IV et V), exerce uniquement, chez les premiers, une diminution de 24 % de l'activité enzymatique totale en pourcentage du poids coroporel ; *c. l'inanition protéique* augmente de 45 % l'activité de l'enzyme ainsi exprimée ; *d. la carence en thiamine ou en riboflavine* ne modifie pas l'activité de la

5-nucléotidase; *la carence en pyridoxine* diminue de 26 % le phosphore libéré par milligramme de foie.

2° *En ce qui concerne l'activité de la 5-nucléotidase du testicule : a. l'inanition totale* augmente de 55 % l'activité globale de l'enzyme par rapport au poids corporel; *b. la sous-alimentation prolongée* ne porte aucune atteinte au pouvoir déphosphorylant de l'enzyme de rats adultes (expérience II) et augmente systématiquement et très fortement celui des sujets expérimentés dès le sevrage quel que soit le mode d'évaluation de l'activité de

Nature des régimes.	Durée de l'expérience (jours).	Poids des animaux (g). Initial.	Final.	Poids des organes (g). Foie.	Deux testicules.	Ingesta (g sec/jour).	Activité de la 5-nucléotidase évaluée en : µg P/mg organe frais-heure. Foie.	Testicule.	mg P organes totaux-heure ×100 / Poids corporel. Foie.	Testicule.
I.										
Régime témoin *ad libitum*	7	230	243	9,54	2,351	15	7,60	9,23	30,0	8,93
Inanition totale	7	225	171	4,58	2,384	0	10,54	9,83	8,11	13,86
II.										
Régime témoin *ad libitum*	32	186	280	10,367	2,315	15	8,18	10,89	30,28	9,0
Régime témoin restreint	32	172	209	7,208	1,693	9,2	6,59	10,63	22,77	8,60
Régime d'inanition protéique	32	178	126	5,608	1,127	9,2	7,20	10,49	32,0	9,38
III.										
Régime témoin *ad libitum*	36	40	180	7,338	1,588	13	6,63	9,55	27,02	8,51
Régime témoin restreint	36	40	88	3,690	1,037	3,5	6,79	11,66	28,40	10,0
Régime carencé en thiamine	36	40	55	2,155	0,561	3,5	6,59	12,96	25,83	16,4
IV.										
Régime témoin *ad libitum*	36	38	181	6,703	1,803	13	6,94	8,93	25,70	8,92
Régime témoin restreint	36	38	93	4,068	0,987	5,8	6,48	10,22	28,33	10,07
Régime carencé en riboflavine	36	38	51	2,390	0,239	5,8	6,47	12,62	30,31	6,09
V.										
Régime témoin *ad libitum*	48	38	216	8,256	2,132	13	7,42	7,80	29,75	7,70
Régime témoin restreint	48	38	139	5,313	1,568	7,1	7,10	8,39	27,10	9,46
Régime carencé en pyridoxine	48	38	74	3,523	0,734	7,1	5,20	11,03	24,90	10,51

l'enzyme (expériences III, IV et V); *c. l'inanition protéique* est sans action; *d. les carences en thiamine, riboflavine et pyridoxine* augmentent respectivement de 11, 26 et 31 % la quantité de phosphore libéré par milligramme de testicule. L'activité globale de la 5-nucléotidase des testicules en pourcentage du poids corporel est également augmentée de 60 et 11 % dans les avitaminoses B_1 et B_2, mais elle est abaissée de 40 % dans la carence en riboflavine. Sans en connaître la cause, il existe donc chez le jeune rat une corrélation entre l'hyperactivité de la 5-nucléotidase évalué notamment en phosphore libéré par milligramme de testicule et l'hypofonctionnement du testicule dans la sous-alimentation prolongée et les carences aiguës en thiamine, riboflavine et pyridoxine.

Les causes et les mécanismes intimes des réactions de la 5-nucléotidase du foie ou du testicule sous l'influence des divers facteurs nutritionnels étudiés restent inconnus. En particulier, il est loin d'exister toujours une concordance logique entre l'activité de l'enzyme et les caractéristiques du métabolisme nucléique dans ces divers états nutritionnels.

(*) Séance du 24 mai 1961.

(1) Avec la collaboration technique de Mlles L. F. Buisson et S. Miguet.

(2) Z. Ahmed et J. L. Reis, *Biochem. J.*, 69, 1958, p. 386.

(*Centre de Recherches sur la Nutrition, C. N. R. S., Bellevue, Seine-et-Oise.*)

PHYSIOLOGIE. — *Les résistances bronchiques au cours des accélérations transverses.* Note (*) de MM. **Pierre Varène** et **Charles Jacquemin**, présentée par M. Léon Binet.

Une expérimentation menée dans la centrifugeuse humaine du Centre d'Essais en Vol a montré que chez l'Homme les accélérations transverses ne semblent pas réaliser une compression des voies respiratoires comparable à celle observée au cours de la respiration sous pression négative.

L'évolution de la Biologie aérospatiale a fait reconsidérer le problème des effets physiologiques des accélérations transverses. On savait que si l'application des forces d'inertie perpendiculairement au grand axe du corps en réduisait les conséquences circulatoires, elle entraînait par contre, des perturbations respiratoires.

La description des effets respiratoires connus, chez l'Homme, a pu être groupé autour de la notion de *syndrome respiratoire restrictif* ([1]). Il est basé sur la constatation d'une réduction du débit ventilatoire maximal, d'une augmentation du rapport capacité vitale chronométrée/capacité vitale totale et de la conservation du travail dynamique.

Mais de plus, une analogie a été suggérée entre ces phénomènes et ceux rencontrés au cours de la respiration sous pression négative. D'où la proposition d'accroître la tolérance aux accélérations transverses à l'aide d'une surpression respiratoire ([5]).

Or, dans le cadre de nos travaux sur la respiration sous pression ([2]), nous avons eu l'occasion d'explorer le comportement des voies respiratoires de l'Homme dans ces conditions. Nous avons pu montrer l'existence d'un *syndrome respiratoire obstructif* en pression négative caractérisé par :

— une réduction du volume mort anatomique en série;

— une diminution du volume expiratoire maximal seconde;

— une diminution de la conductance bronchique ([3]).

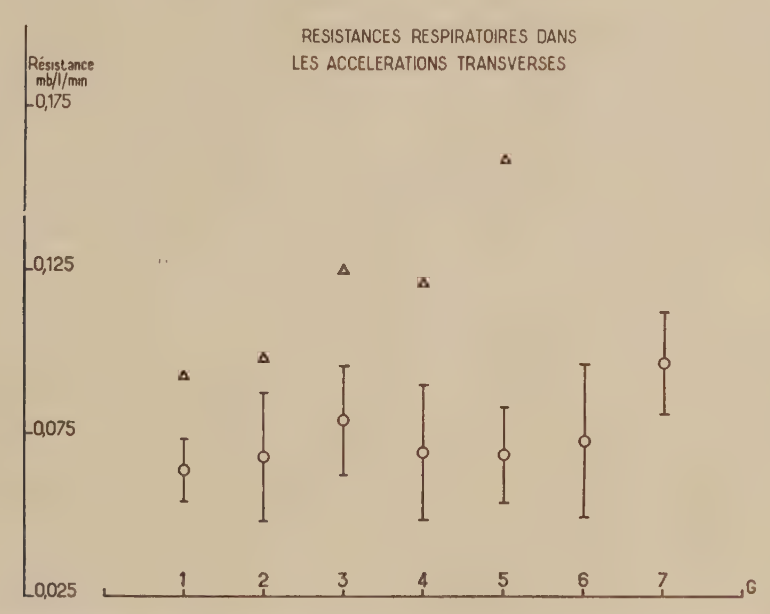
Inversement la respiration en surpression présente une triade opposée avec augmentation de ces trois paramètres.

Ainsi apparaît une certaine divergence entre les conséquences de ces deux types de situation : syndrome restrictif au cours des accélérations transverses et syndrome obstructif (non exclusif) au cours de la respiration sous pression négative.

Il nous a semblé intéressant de contrôler cette dissociation en explorant avec les mêmes méthodes, les mêmes sujets soumis à des accélérations transverses et à la respiration en dépression.

Les résultats préliminaires, ici rapportés, ne font état que d'un élément du syndrome, les résistances bronchiques. La méthode utilisée est celle de l'interrupteur d'Otis ([4]) légèrement modifiée et adaptée aux conditions d'expérimentation en centrifugeuse.

Les six sujets ont été éprouvés en décubitus dorsal dans la centrifugeuse humaine du laboratoire du Centre d'Essais en Vol. Le thorax moulé dans un matelas spécial est incliné à 20° par rapport au plan horizontal. Les mesures sont effectuées au cours d'un plateau stable de 1 mn, au niveau d'accélération choisi. Les valeurs obtenues pour chaque niveau correspondent au coefficient angulaire de la droite de régression de la pression différentielle alvéolobuccale en fonction du débit ventilatoire. Ce coefficient représente la résistance respiratoire.



Résistances bronchiques en millibars par litre et par minute en fonction du niveau d'accélération transverse. Les cercles représentent la moyenne des valeurs relevées pour cinq sujets normaux. Les tirets verticaux de part et d'autre ont la valeur de l'écart type. Les triangles représentent les valeurs relevées de 1 à 5 g chez un asthmatique.

L'expérience portant sur cinq sujets normaux, ne montre aucune différence significative, au seuil de 5 % de ces résistances jusqu'à 6 g. Il faut attendre 7 g pour observer leur accroissement.

Par contre, chez un sujet présentant des signes d'obstruction spasmodique (asthme bronchique) et dont la résistance au sol est supérieure à la norme, on observe une augmentation, même pour des taux faibles d'accélération (résistance doublée pour 5 g).

Il se confirme donc qu'il est difficile de relier la compression bronchique (syndrome obstructif) à la compression thoraco-abdominale (syndrome restrictif). Le seuil de compression bronchique est élevé chez le sujet normal. Il est situé bien au-dessus du taux de 4 g pour lequel Cherniak et coll. ([1]), ([5]) ont surtout étudié les effets respiratoires des accélérations.

Le syndrome obstructif au cours des accélérations transverses est absent ou mineur pour des accélérations de quelques g. On peut le rendre apparent en utilisant comme sujet l'asthmatique. Il ne semble pas comparable en intensité au syndrome restrictif dominant.

En conclusion, il semble légitime d'admettre une certaine dissociation entre les deux phénomènes ventilatoires supposés similaires, rencontrés d'une part, au cours des accélérations transverses et d'autre part, dans la respiration sous pression négative.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) N. S. Cherniak, A. J. Hyde et F. W. Zechman, *J. Appl. Physiol.*, 14, 1959, p. 510-516.

(2) Ch. Jacquemin, *Arch. Bio. Thermo. Climat.*, 3, 1958, p. 85-100.

(3) Ch. Jacquemin et P. Varène, 17e *Aérospace Médical Panel*, Lisbonne, 10-14 avril 1961.

(4) A. B. Otis et D. F. Proctor, *Amer. J. Physiol.*, 152, 1948, p. 106-112.

(5) J. F. Watson, N. S. Cherniak et F. Z. Zechman, *J. Clin. Invest.*, 39, 1960, p. 1737-1743.

PHYSIOLOGIE. — *Actions des implants uniques ou multiples d'hypothalamus total sur le déclenchement de la maturité ovarienne chez la Ratte surrénalectomisée.* Note (*) de MM. **Vincent Donnet**, **Jacques-Michel Chevalier**, **Michel Jacquin** et Mlle **Andrée Pruneyre**, présentée par M. Léon Binet.

L'ouverture du vagin peut, dans certaines circonstances expérimentales s'effectuer chez la Ratte impubère *ovariectomisée*.

Ce phénomène est sous la dépendance du fonctionnement surrénal [1]. C'est la raison pour laquelle il nous a paru intéressant de préciser, à titre de comparaison [2], les effets des transplants hypothalamiques chez la femelle surrénalectomisée.

Résultats. — Suivant le plan adopté dans la Note précédente [2] nous envisagerons successivement plusieurs cas.

1° *Implants uniques* (15 animaux). — Des effets différents peuvent être enregistrés suivant que la surrénalectomie a été pratiquée chez des animaux dont l'âge est inférieur ou supérieur à 32-34 jours.

Dans le premier cas, le vagin s'ouvre, comme chez les surrénalectomisés sans implant, à une période tardive : rarement avant 60 jours, plus souvent à 70, 85 et même 102 jours.

Dans le deuxième cas, par contre, l'ouverture vaginale est relativement rapide : 3 à 4 jours après l'implant.

Mais quelles que soient les conditions expérimentales la maturité sexuelle ne survient jamais avant le 120e jour, encore faut-il signaler que les cycles sont irréguliers et présentent souvent des périodes plus ou moins longues de dioestrus.

Enfin, la mortalité de ces animaux est notable.

2° *Implants isolés quotidiens.* — Ils ont été répétés 5 jours consécutifs sur 42 femelles. La mortalité y est plus grande encore : 26 rattes sont mortes dans des délais variables, souvent très courts.

Sur les animaux restants, le vagin s'est ouvert respectivement à 65, 70, 79, 82, 95, 103 et 112 jours; chez une seule au 42e jour.

Toutes ont présenté des frottis vaginaux d'abord hypotrophiques puis virant au dioestrus. Ce n'est que vers le 130e jour que s'installent, là aussi, des cycles atypiques avec dioestrus intercalaire.

Ainsi, contrairement à ce que nous avons décrit chez la Ratte normale, les implants isolés répétés paraissent, ici, être dénués de toute action.

3° *Implants multiples simultanés.* — L'expérimentation a porté sur 14 animaux.

Dix rattes formant un premier groupe reçurent deux ou trois implants. L'ouverture vaginale est survenue entre 48 h et 7 jours. Actuellement, âgées de 135 jours, elles sont en état de dioestrus permanent, malgré l'ébauche, vers le 120° jour d'un cycle par ailleurs anarchique.

La deuxième série de quatre rattes, surrénalectomisées à l'âge de 40 jours, reçurent chacune cinq implants d'hypothalamus. L'ouverture du vagin s'est faite en 24 h, mais toutes durent être sacrifiées à 70 jours dans un état presque cachectique.

COMMENTAIRES. — Plusieurs points méritent d'être pris en considération.

1° La mortalité rencontrée chez les rattes surrénalectomisées à la suite d'implants hypothalamiques est très élevée. Si le déterminisme de la mort paraît complexe, cette évolution mortelle n'en contraste pas moins avec le comportement des femelles normales.

2° Les dates d'ouverture vaginale après implants uniques varient suivant que la surrénalectomie est faite avant ou après la période de 32 à 24 jours. Tardive dans le premier cas, elle est assez rapide dans le deuxième; ces faits paraissent correspondre à une étape évolutive dans la vie de la Ratte.

Mais quels que soient le mode et le nombre d'implants, la maturité ovarienne est toujours lointaine et les cycles demeurent atypiques, entrecoupés de longues périodes de dioestrus.

3° La réaction vaginale de type ovarien qui apparaît chez la Ratte normale quelques jours après l'implantation d'hypothalamus ne s'observe jamais chez la femelle surrénalectomisée.

Les rattes surrénalectomisées implantées se comportent comme des surrénalectomisées sans implants.

4° Cette réaction vaginale de type ovarien étant susceptible d'intervenir chez les rattes *ovariectomisées* met une fois encore l'accent sur la surrénale comme source éventuelle d'hormones responsables. En outre, la comparaison de l'évolution des rattes normales et surrénalectomisées après transplants hypothalamiques, invite à conclure à la nécessité absolue de la présence surrénalienne pour *déclencher* la maturité de l'ovaire et confirme le rôle prééminent du cortex dans le maintien du fonctionnement de la gonade (³).

(*) Séance du 29 mai 1961.

(¹) Nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

(²) *Voir* V. DONNET, J.-M. CHEVALIER, J.-C. DUFLOT et A. PRUNEYRE, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3490.

(³) Ces rattes présentaient un bon état général et la plupart étaient soumises à un régime salé. De plus, tous les animaux surrénalectomisés recevaient le jour de l'intervention une dose unique de DOCA.

(*Laboratoire de Médecine expérimentale, Faculté de Médecine, Marseille.*)

NUTRITION. — *Résultats préliminaires relatifs à la valeur nutritionnelle des triènes conjugués.* Note (*) de Mme **Jeanine Raulin** et Mlle **Claude Loriette** (1), présentée par M. Maurice Fontaine.

La présence de triènes conjugués diminue légèrement la digestibilité de l'huile d'arachide et son efficacité nutritionnelle pour le Rat. Par ailleurs, les spectres ultraviolets et infrarouges montrent que les triènes conjugués à liaisons éthyléniques trans peuvent s'incorporer aux lipides de réserve.

Le traitement des huiles alimentaires par des terres à foulon fortement acides réduit le taux des peroxydes, mais entraîne la formation de triènes conjugués et l'isomérisation trans des liaisons éthyléniques. Dans les huiles de consommation courante le taux des triènes varie de 0,2 à 0,7 %. Il était intéressant de savoir dans quelle mesure l'efficacité nutritionnelle des huiles pouvait être affectée par la présence de ces constituants. C'est le problème dont nous avons commencé l'étude expérimentale. L'expérience initiale porte sur 96 rats (Wistar WAG) des deux sexes répartis en lots, différant par la nature des lipides du régime qui contient 20 % d'huile, 30 % de caséine, 43 % de sucre, 5 % de mélange salin et un large apport vitaminique. Les huiles utilisées sont les suivantes :

Lot A : Huile d'arachide de première pression à froid.

Lot AC : Huile d'arachide raffinée contenant 0,4 % de triènes conjugués.

Lot ACC : Huile d'arachide raffinée enrichie de 3 % d'acide éléostéarique par addition d'huile de bois de Chine.

Croissance pondérale. — Le tableau I résume nos observations.

Tableau I.

Croissance et mortalité.

	Mâles (144 jours).		Femelles (74 jours).	
Lots.	Gain de poids (g/rat/jour).	Mortalité (%).	Gain de poids (g/rat/jour).	Mortalité (%).
A.	2,22	0	1,95	0
AC	2,16	6	1,86	0
ACC	2,07	0	1,78	0

Les triènes conjugués ont un effet légèrement dépressif sur la croissance : par rapport au lot A, le lot AC présente un déficit moyen de 5 % pour les femelles et de 3 % pour les mâles; dans le lot ACC ce déficit atteint 9 % pour les femelles et 7 % pour les mâles. Ces triènes ne semblent avoir aucune incidence sur la mortalité.

Digestibilité et efficacité des lipides. — Le tableau II indique la valeur des coefficients d'utilisation digestive (C. U. D.) et d'utilisation métabolique (C. E. L.) des lipides; ce dernier coefficient, dit d'efficacité lipidique, exprime le gain de poids par gramme de lipides ingéré.

TABLEAU II.

Digestibilité et efficacité.

Lots.	C. U. D. (*) (mâles).	C. E. L. (**)	
		Mâles.	Femelles.
A	92,8	1,21	0,74
AC	91,4	1,02	0,68
ACC	90,4	0,81	0,70

(*) Déterminés au cours des 14 premiers jours.
(**) Déterminés au cours de 74 jours (femelles), 144 jours (mâles).

La présence de triènes conjugués, qui diminue légèrement la digestibilité des lipides, a un effet plus sensible sur leur efficacité pour la croissance : chez les mâles et par rapport au lot A, la chute du C. E. L. est de 16 % environ avec le lot AC et de 33 % avec le lot ACC.

COEFFICIENTS BIOMÉTRIQUES. — Il est difficile d'interpréter les légères variations des coefficients biométriques du foie, de la rate et des reins. Par contre, on note une influence très nette des triènes conjugués sur l'abondance des réserves grasses. Par rapport au lot A et pour un même poids vif, la diminution des graisses périrénales et périgénitales est de 9 % dans le lot AC et de 19 % dans le lot ACC.

ANALYSES SPECTROPHOTOMÉTRIQUES. — La caractérisation des triènes conjugués et des isomères trans au sein des lipides corporels met en œuvre les méthodes suivantes : extraction à froid des lipides par la méthode de Bligh et Dyer [méthanol-chroroforme (2)], analyse en spectrophotométrie ultraviolet et infrarouge. Un rat mâle de chaque série a été sacrifié périodiquement entre le 1er et le 155e jour d'expérience. Voici les principaux résultats de l'étude des graisses périrénales et périgénitales.

Spectres ultraviolets. — Chez tous les animaux du lot ACC (huile enrichie en triènes) et dès le 18e jour d'expérience on caractérise la présence de triènes conjugués à des taux inférieurs à 0,1 % dans les graisses de réserve. Par contre, les spectres sont identiques pour les graisses du lot AC (huile raffinée) et du lot A (huile de première pression).

Spectres infrarouges. — Les faits sont d'autant plus nets que le sacrifice est plus tardif. Dans le lot ACC, on observe dès le 18e jour la présence d'une bande à 10,15-10,20 μ dans les graisses de réserve; à partir du 69e jour, on note l'apparition de deux autres bandes situées à 10,35 et 10,55 μ. Dans la série AC, ce n'est qu'au 94e jour qu'on trouve une bande à 10,15 μ. Dans la série A, on ne trouve jamais de bandes caractéristiques des acides gras à liaisons éthyléniques trans.

Nos recherches se poursuivent. Dans leur état actuel, les premières conclusions sont les suivantes.

La présence de triènes conjugués dans la ration retentit surtout sur l'abondance des graisses de réserve et cette action, jointe à une moins

bonne digestibilité des lipides, peut rendre compte de la légère diminution de la vitesse de croissance observée dans les lots recevant de l'huile d'arachide raffinée et surtout de l'huile raffinée enrichie en acide éléostéarique. Les analyses en spectrophotométrie ultraviolette et infrarouge montrent que les triènes conjugués et les isomères trans des acides gras polyéthyléniques peuvent s'incorporer aux graisses périrénales et périgénitales. Ce transfert aux lipides de l'organisme, de faible amplitude dans nos conditions expérimentales, se retrouve de façon constante et s'affirme avec le temps.

(*) Séance du 29 mai 1961.

([1]) Avec la collaboration technique de Mme R. Cazes, Mlles N'Guyen Thi Thê, D. Saget et M. Grandjean.

([2]) E. G. Bligh et W. J. Dyer, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 1959, p. 911-917.

(*Centre de Recherches sur la Nutrition et Laboratoire de Chimie macromoléculaire, C. N. R. S., Bellevue, Seine-et-Oise.*)

ENDOCRINOLOGIE COMPARÉE. — *Maturation sexuelle de l'Anguille mâle en eau douce.* Note (*) de Mlle **Madeleine Olivereau**, présentée par M. Maurice Fontaine.

La maturité sexuelle de l'Anguille ♂ peut être atteinte en eau douce, à 20°C après un traitement de 40 à 65 jours par l'hormone thyréotrope (TSH). Les modifications histologiques de quelques glandes endocrines sont brièvement décrites. On discute le rôle des hormones gonadotropes contaminant la préparation de TSH utilisée, toutefois la différenciation des cellules gonadotropes de l'hypophyse paraît jouer un rôle important dans le déroulement de ce processus.

La maturation sexuelle de l'Anguille ♂ peut être obtenue en eau de mer à 23°C par injection de prolans (1) dont l'action ne paraît pas s'exercer directement sur la gonade car il faut attendre trois à quatre semaines après la dernière injection pour obtenir l'émission spermatique. Dans l'adénohypophyse, la différenciation simultanée de petites cellules presque chromophobes en cellules gonadotropes β et γ (2), (3) représente une des étapes de cette réaction complexe. Or, on admet généralement chez les Mammifères que l'administration de gonadotrophines entraîne une réduction de l'activité hypophysaire. Un chaînon neuro-endocrinien hypothalamique semble précéder le relais hypophysaire, le neurosécrétat neurohypophysaire étant raréfié chez l'Anguille mûre (2).

Six Anguilles ♂ argentées (22 à 45 g), maintenues en eau douce aérée à 20°C, sont injectées de TSH (20) pendant 3, 6 et 9 jours (2,5 U.USP/jour) et 35 jours (12 injections quotidiennes, puis trois injections par semaine; dose totale, 57,5 U. USP). L'autopsie de ce dernier animal révèle une stimulation testiculaire importante confirmée histologiquement (RGS = 1,1) (4).

Vingt-deux Anguilles ♂ argentées (38 à 74 g) sont alors injectées quotidiennement ou tous les deux jours avec 0,5 ou 1 mg de TSH; deux d'entre elles reçoivent 21 injections, puis restent sans traitement pendant 20 jours avant d'être sacrifiées. Les témoins reçoivent des injections de sérum physiologique.

Les huit Anguilles examinées au cours de la première quinzaine du traitement (dose totale de TSH inférieure à 32,5 U) montrent une stimulation testiculaire notable, débutant dans la région antérieure. Les organes de Syrski perdent leur translucidité, augmentent d'épaisseur, leur vascularisation s'accroît. Cette activation est plus marquée chez les deux Anguilles recevant 50 U en 41 ou 43 jours, et se retrouve chez celles traitées pendant 21 jours (52,5 U) puis conservées sans injection. Cependant, le processus de stimulation ne s'est pas étendu à l'ensemble du tissu testiculaire.

Parmi les dix autres Anguilles traitées, neuf sont arrivées à maturité sexuelle. Avec un traitement quotidien, la dose minimale active est de

60 U répartie en une durée totale de 40 jours. Si les injections ne sont faites que trois fois par semaine, la dose effective reste voisine de 70 U, la durée de l'expérience atteint alors 66 à 67 jours. Un seul animal ayant reçu 100 U en 90 jours est resté réfractaire à ce traitement.

On note simultanément une mélanogenèse et la formation de mélanocytes dans les nageoires pectorales, l'assombrissement des régions dorsale, périanale, céphalique, l'agrandissement du diamètre oculaire, une exophtalmie notable. Les Anguilles, initialement très agitées lors des injections, acquièrent progressivement une certaine asthénie et paraissent rechercher les zones les moins éclairées de l'aquarium. La stimulation de la thyroïde est extrêmement marquée, réaction intense à 20° contrastant avec la faible réponse obtenue à 7°C avec la même TSH [5]. L'interrénal est hypertrophié; dans sept cas sur neuf, l'hypertrophie des corpuscules de Stannius est macroscopiquement visible, leur structure folliculaire évolue vers celle de cordons anastomosés. Le foie s'enrichit en lipides et s'appauvrit en glycogène. Entre les lobules bourrés de spermatozoïdes, quelques amas de cellules ont un gros noyau et des granulations lipidiques et phospholipidiques; il semble qu'ils constituent le tissu interstitiel de la gonade. Précisons que la spermatogenèse existe dans des testicules de poids très différents (RGS variant de 1,5 à 8,22).

On sait que les TSH les plus purifiées (Armour, Parke-Davis, Schering) sont assez fortement contaminées par les hormones gonadotropes, en particulier LH [6], [7], [8] et provoquent une légère stimulation testiculaire chez *Fundulus heteroclitus* hypophysectomisé [9], [10]. La TSH Organon active également le développement ovarien de l'Anguille en eau de mer [11]. TSH et les substances contaminantes agissent-elles directement sur le testicule de l'Anguille? Seule la répétition de ces expériences sur l'animal hypophysectomisé permettrait de répondre définitivement à cette question. Cependant l'examen de l'hypophyse montre qu'elle réagit à ce traitement : les cellules gonadotropes augmentent de taille, se multiplient par mitoses, se chargent de granulations; elles paraissent douées d'une activité importante et il est possible d'identifier les deux types β (FSH) et γ(LH) déjà décrits [3], les cellules γ prédominant. Ces modifications histologiques et histochimiques seront décrites en détail ultérieurement ainsi que la stimulation hypophyso-génitale notable après 21 injections, mais insuffisante pour que la spermatogenèse se réalise dans tous les lobules. Un chaînon hypothalamique semble très probable, peut-être en relation avec une stimulation nerveuse liée à l'excitation initiale des animaux déjà soulignée chez la ♀ [12]. On sait d'ailleurs que l'injection d'adrénaline active la maturation sexuelle chez *Salmo salar* L. par un mécanisme encore peu connu [13].

Il semble que cette maturation sexuelle n'est pas due uniquement aux traces de LH et FSH présentes dans la TSH injectée, mais à l'interaction de plusieurs facteurs, le rôle des hormones gonadotropes élaborées par

l'hypophyse, après sa différenciation cellulaire, paraissant important. Que la stimulation thyroïdienne intervienne également ([14]), ([15]) reste possible. Cependant, l'immersion d'Anguilles dans une solution de thyroxine pendant 45 jours entraîne une régression des cellules TSH de l'hypophyse sans différenciation des éléments gonadotropes, et le testicule ne subit aucune activation ([16]). La production accrue d'hormones thyroïdiennes n'est vraisemblablement pas le facteur primordial de cette maturation. De même, la sécrétion probablement persistante d'une TSH active par l'hypophyse après radiothyroïdectomie ([17]), malgré son faible taux dans la glande et son absence dans le plasma ([18]) n'exerce aucun effet apparent sur les organes de Syrski.

Soulignons que les modifications physiologiques, tant biochimiques qu'histologiques, qui accompagnent le passage de l'Anguille d'eau douce en eau de mer ([19]) et le déploiement d'une forte activité motrice lors de la migration thalassotoque ne constituent pas une préparation absolument indispensable à l'apparition de la maturité sexuelle; celle-ci peut être observée chez des Anguilles mâles conservées exclusivement en eau douce et sans courant. Il est probable qu'un traitement par les prolans effectué en eau douce entraînerait une maturation des gonades identique à celle obtenue en eau de mer.

(*) Séance du 29 mai 1961.

([1]) M. Fontaine, *Comptes rendus*, 102, 1936, p. 1312.
([2]) M. Olivereau, *J. Physiol.*, 52, 1960, p. 181-182.
([3]) M. Olivereau et M. Herlant, *C. R. Soc. Biol.*, 154, 1960, p. 706-709.
([4]) RGS = Rapport gono-somatique. Poids des gonades × 100/Poids du corps.
([5]) M. Olivereau, *Arch. Anat. micr. Morphol. exper.*, 44, 1955, p. 236-264.
([6]) M. Sonenberg et W. Donaldson, Communications personnelles.
([7]) M. Sonenberg et W. L. Money, *Endocrinology*, 61, 1957, p. 12-19 et *Ann. New-York Acad. Sc.*, 86, 1960, p. 625-646.
([8]) K. Yano, K. Morishita et S. Töjö, *Folia Endocrinol. Jap.*, 35, 1960, p. 1227-1234.
([9]) G. E. Pickford, *Endocrinology*, 55, 1954, p. 589-592.
([10]) A. Slicher, *Bull. Bingham Ocean. Coll.*, 17, n° 3, 1961.
([11]) M. Fontaine, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1258.
([12]) P. J. Gineste, *C. R. Soc. Biol.*, 149, 1955, p. 551-552.
([13]) L. Strand, *New York Fish a. Game J.*, 5, 1958, p. 84-93.
([14]) N. Étienne, *C. R. Soc. Biol.*, 153, 1959, p. 41-44.
([15]) J. Leloup, *J. Physiol.*, 51, 1959, p. 516-517.
([16]) M. Olivereau, *C. R. Assoc. Anatomistes*, Strasbourg, 1960.
([17]) M. Olivereau, résultats non publiés.
([18]) Y. A. Fontaine, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2538-2541.
([19]) O. Callamand, *Ann. Inst. Océan.*, 21, 1943, p. 361-440.
([20]) TSH Parke-Davis (Detroit), lot Rx 50 P 4 titrant 2,5 U. USP/mg et lot Rx 494 (El 8) titrant approximativement 5 U. USP/mg.

(*Laboratoire de Physiologie de l'Institut Océanographique, Paris.*)

BIOLOGIE. — *Recherches sur le déterminisme des genèses de pigments chez le Phasme*, Carausius morosus. Note de Mme **Marie Raabe**, présentée par M. Louis Fage.

L'adaptation chromatique morphologique semble être essentiellement contrôlée, chez le Phasme, par les *corpora allata* qui interviennent dans la genèse des pigments verts et noirs.

Comme divers Insectes, le Phasme, *Carausius morosus*, peut adapter sa coloration à celle du milieu ambiant grâce à sa capacité d'élaborer des pigments hypodermiques diversement colorés [brun noir (ommochromes), rouge orangé (caroténoïdes), vert (insectoverdine) et blanc]. Des recherches antérieures, portant sur quelques espèces, ont montré la participation des différents facteurs endocriniens de l'Insecte dans ces phénomènes de genèses pigmentaires.

Les recherches de P. et L. Joly sur les Acridiens [1] ont mis en évidence le rôle important joué par les *corpora allata* dans la genèse des pigments verts. Chez les Lépidoptères, Buckmann [2] a montré que la formation des ommochromes brun noir de la chenille de *Cerula vinula* est commandée par l'hormone de mue; mais Hidaka a provoqué le brunissement des pupes de *Papilio* par l'implantation du complexe formé par le cerveau, le ganglion sous-œsophagien et le ganglion prothoracique, ce qui implique l'intervention d'un facteur tout différent qui pourrait s'identifier à la substance du système nerveux central qui intervient dans la régulation des mouvements de pigments (Dupont-Raabe) [4]. Par ailleurs Pfugfelder [5] a noté chez *Carausius* l'apparition de taches noires et blanches après implantation des *corpora allata* et L'Helias [6], sur cette même espèce, a reporté l'intervention dans la pigmentation de chacun des éléments du complexe rétrocérébral.

J'ai repris cette étude sur *Carausius* recherchant par des expériences d'ablation, d'implantation et d'injection d'extraits, effectuées sur des animaux des trois types pigmentaires les plus contrastés (noir, beige et vert), à des moments variés de l'intermue et du cycle de développement, le rôle joué par chacune des formations endocrines de l'Insecte. Les résultats obtenus sont les suivants :

Ni les substances chromactives du système nerveux central et des *corpora cardiaca*, ni les facteurs prothoracotropes du cerveau et des *corpora cardiaca* ne semblent intervenir dans les genèses de pigments. L'ablation des *corpora cardiaca*, sans effet sur les animaux noirs, induit la transformation des animaux verts en beiges gris par destruction du pigment vert et genèse de quantités plus ou moins fortes de pigment noir. Ceci n'est cependant pas une preuve d'un rôle joué par les *corpora cardiaca* dans les genèses de pigment car, comme le signalait Pflugfelder, on obtient le même résultat après une section des nerfs des *corpora cardiaca allata*. L'ablation des *corpora cardiaca* n'intervient qu'en raison de l'interruption de l'innervation des *corpora allata* qu'elle entraîne nécessairement.

Le rôle joué par les *corpora allata* dans le déterminisme des genèses pigmentaires est très important. Leur ablation chez des animaux verts détermine la disparition complète et rapide des pigments verts et l'adoption d'une livrée d'une couleur située entre le beige et le brun très clair (les résultats sont les mêmes si l'on effectue l'ablation couplée des *corpora allata* et *cardiaca*).

Si l'on opère des animaux très jeunes, du 2ᵉ ou du 1ᵉʳ stade larvaire, la disparition du pigment vert est beaucoup plus lente. De plus, si des animaux élevés dans des conditions favorisant la genèse des pigments verts sont opérés le jour même de leur éclosion, c'est-à-dire avant d'avoir pris la coloration verte, celle-ci se développe néanmoins malgré l'absence des *corpora allata* et l'on observe seulement après un temps assez long (60 jours) la régression du pigment vert et l'apparition de la livrée beige typique. Ce résultat qui semble paradoxal peut s'expliquer assez facilement si l'on envisage les répercussions de cette intervention sur le développement. En effet, l'ablation des *corpora allata* d'animaux ayant atteint le stade 3 conduit à l'obtention d'imagos anticipés au stade suivant, mais lorsque cette opération est pratiquée sur des stades plus jeunes, l'animal fait une à deux mues juvéniles avant de faire la mue imaginale anticipée. Il semble donc, du point de vue du développement comme du point de vue de la coloration, qu'une quantité importante d'hormone des *corpora allata* est présente dans le sang aux stades jeunes, ce qui fait que la carence d'hormone causée par l'absence des *corpora allata* ne se révèle qu'après un certain temps. Les expériences effectuées le jour même de l'éclosion semblent indiquer, de plus, que la sécrétion dans le sang pourrait se produire avant que l'éclosion ait eu lieu. Le parallélisme des résultats concernant la croissance et la pigmentation font penser qu'il pourrait s'agir du même facteur, l'hormone juvénile.

On a signalé plus haut que la section des nerfs des *corpora allata* entraîne la transformation de la livrée verte en livrée beige grise. Ce résultat pourrait, si on l'interprétait comme un arrêt du fonctionnement des *corpora allata*, cadrer parfaitement avec les résultats obtenus après l'ablation de ces organes, d'autant plus que cette dernière opération, lorsqu'elle est pratiquée sur des animaux noirs ou beige gris, n'induit pas la disparition des pigments noirs. Cependant les expériences d'implantation des *corpora allata* montrent qu'il n'en est pas ainsi car, au lieu de produire la formation de pigments verts, comme cela a lieu chez les Acridiens et comme on aurait pu s'y attendre, ces interventions induisent la formation de pigments noirs et la destruction des pigments verts.

On pourrait penser que cet effet est indirect et résulte de l'activation, par les *corpora allata* surnuméraires, d'une autre formation conditionnant la genèse des pigments noirs. Effectivement, les implantations de glandes ventrales ou péricardiales donnent généralement le même résultat, c'est-à-dire le noircissement des Insectes. Une expérience tendant à prouver la validité de cette hypothèse conduit cependant à la rejeter. En effet, si l'implantation des glandes ventrales est faite sur des animaux privés de *corpora allata*, on n'obtient plus le noircissement mais la livrée beige typique des animaux privés de *corpora allata*.

On doit donc admettre que la genèse de pigments noirs obtenue par l'implantation des glandes ventrales ou péricardiales est un effet indirect dû à une stimulation qu'effectuent ces glandes sur les *corpora allata*.

Dans certains cas d'ailleurs cette stimulation fait défaut et peut être remplacée par une influence inhibitrice qui se manifeste par l'apparition d'imagos anticipés par carence d'hormone juvénile; le noircissement des animaux est alors faible ou nul.

Il semble donc, en conclusion, que ce sont les *corpora allata* qui commandent à la fois la genèse des pigments verts et celle des pigments noirs, ce qu'il semble difficile d'expliquer autrement que par l'existence de deux modalités différentes de fonctionnement de ces organes ou par l'intervention de deux principes distincts élaborés par eux.

(1) *Ann. Biol.*, 34, 1958, p. 97-118.
(2) *Naturwiss.*, 2, 1956, p. 43-44.
(3) *Ann. Zool. Japan*, 29, 1956, p. 69-74.
(4) *Ann. Biol.*, 32, 1956, p. 247-282.
(5) *Verh. Deutsch, Zool. Ges.*, 40, 1938, p. 127-137.
(6) *Ann. Biol.*, 32, 1956, p. 203-219.

BIOLOGIE MARINE. — *Survie en culture* in vitro *de divers organes d'Invertébrés marins adultes.* Note de M. **Philippe Sengel**, présentée par M. Robert Courrier.

Une méthode simple de culture *in vitro* permet la survie et le maintien des structures de divers organes de deux Invertébrés marins adultes (*Barnea candida* et *Ciona intestinalis*).

Les méthodes de culture d'organes de Vertébrés, en particulier la technique élaborée par Ét. Wolff et K. Haffen [1], se sont montrées remarquablement utiles et fécondes dans l'étude de nombreux problèmes de morphogenèse et de physiologie expérimentales.

La biologie des Invertébrés marins pose un grand nombre de questions auxquelles une méthode appropriée de culture d'organes permettrait de répondre. C'est pour cette raison que j'ai tenté de mettre au point une méthode de culture adaptée aux organes des Invertébrés marins.

Depuis les travaux de H. V. Wilson [2], L. Loeb [3], E. Fauré-Fremiet [4] et P. S. Galtsoff [5], divers auteurs ont cultivé avec succès des cellules et des tissus de mainte classe d'Invertébrés marins. Récemment, C. Vago et S. Chastang [6] ont décrit une technique permettant la culture de tissus d'huîtres. Quant au maintien d'organes entiers *in vitro*, il convient de citer les explantations de muscles de divers Crustacés Décapodes effectuées par C. F. A. Pantin [7].

J'ai explanté des fragments de lamelle branchiale et des diverticules intestinaux de *Barnea candida* L. (Mollusque Bivalve), l'ovaire et l'organe cardio-péricardique de *Ciona intestinalis* Fleming (Tunicier Ascidiacé). Les organes ont été prélevés sur des animaux jeunes, n'ayant pas encore atteint leur maturité sexuelle.

Les deux milieux utilisés ont la composition suivante :

1° *Milieu M :*

Gélose à 1 % dans le liquide de Gey	7 gouttes
Eau de mer filtrée stérile pénicillinée à 50 U/ml	6 »

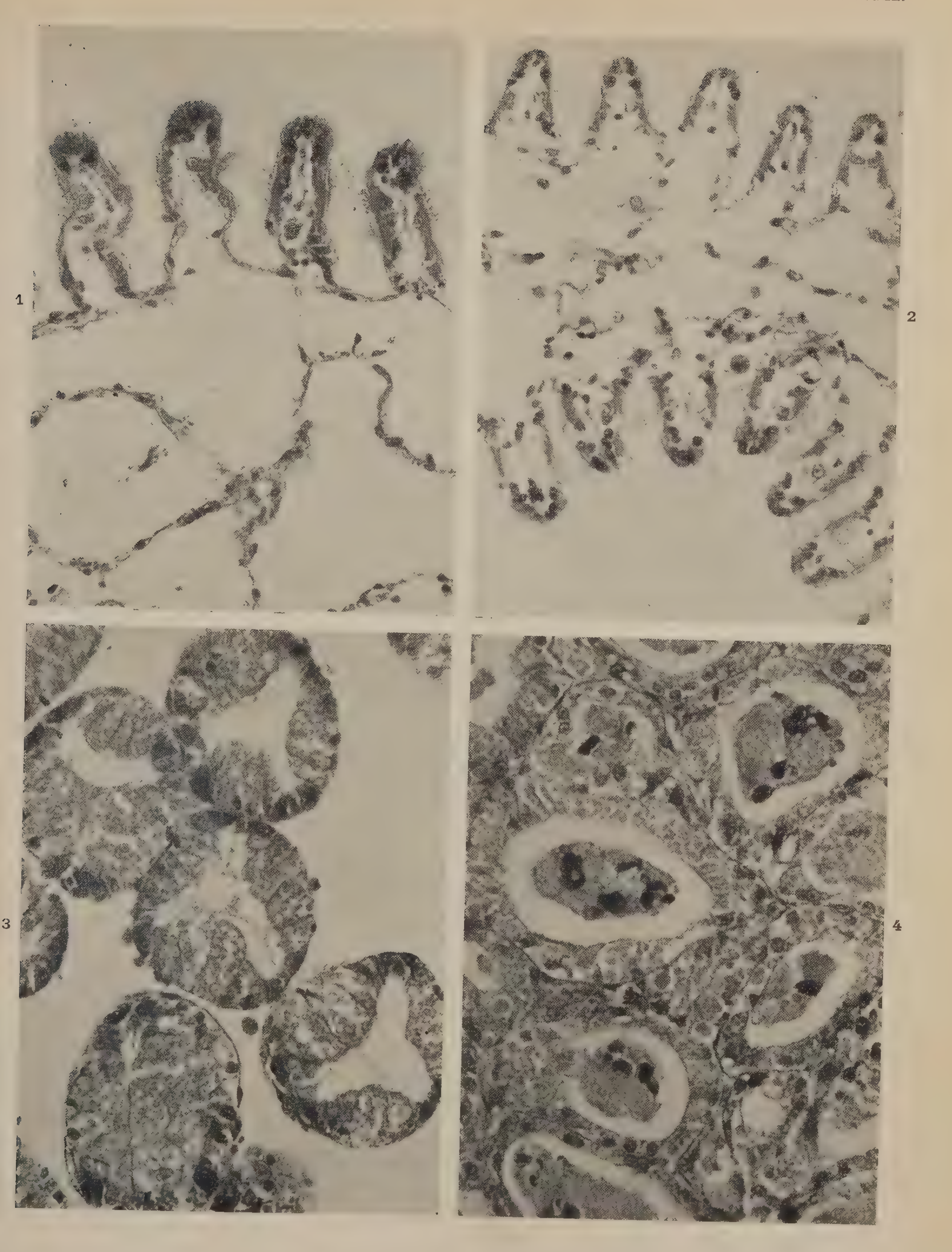
EXPLICATION DES FIGURES.

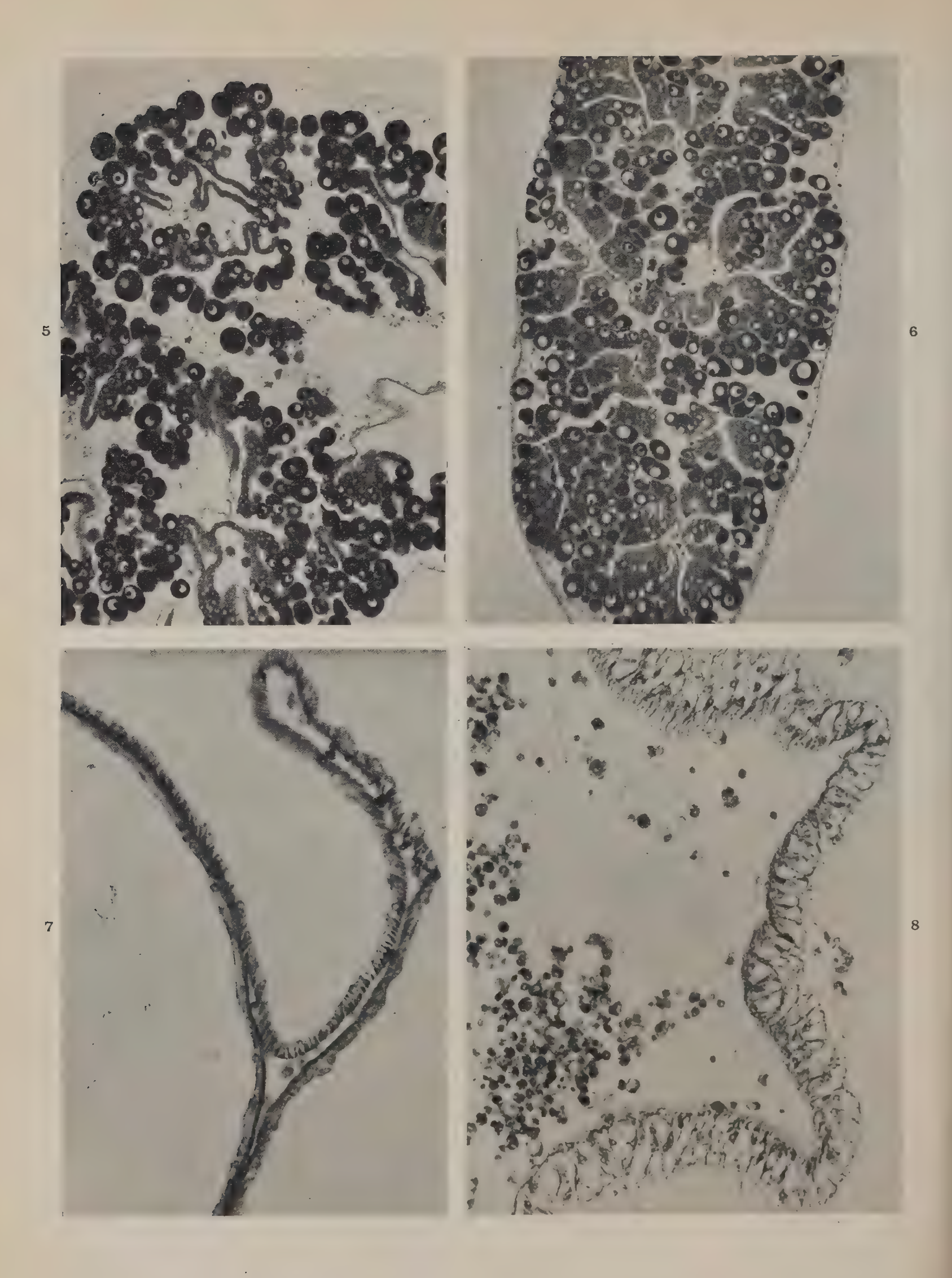
Fig. 1. — *Barnea candida.* Fragment de lamelle branchiale avant l'explantation. (G × 530.)

Fig. 2. — *B. candida.* Fragment de lamelle branchiale après sept jours d'explantation sur le milieu M. On note une diminution du nombre des cellules ciliées dans les filaments. (G × 530.)

Fig. 3. — *B. candida.* Tubules digestifs des diverticules intestinaux avant l'explantation. (G × 530.)

Fig. 4. — *B. candida.* Tubules digestifs après sept jours de culture sur le milieu M. Les cryptes ont disparu; d'importantes masses de matière anhiste et de débris cellulaires remplissent la lumière des tubules. (G × 530.)


1
2
3
4



5
6
7
8

Fig. 5. — *Ciona intestinalis*. Ovaire immature avant l'explantation. (G × 145.)

Fig. 6. — *C. intestinalis*. Ovaire immature après sept jours d'explantation sur le milieu M. Tassement des ovocytes. (G × 145.)

Fig. 7. — *C. intestinalis*. Portion de la paroi du cœur (collabé) avant l'explantation. (G × 530.)

Fig. 8. — *C. intestinalis*. Portion de la paroi du cœur (rempli de cellules circulantes) après sept jours de culture. Gonflement du cytoplasme des cellules musculaires striées. (G × 530.)

2° *Milieu St M :*

Gélose à 1 % dans le liquide de Gey	7	gouttes
Eau de mer filtrée stérile pénicillinée à 50 U/ml	4	»
Extrait d'embryon de poulet de 9 jours	2	»

Résultats. — Tous les organes étudiés survivent sans repiquage ni lavage, pendant les sept jours de culture sur l'un ou l'autre milieu. Sur le milieu St M, plus nutritif, on observe un important essaimage de cellules autour de l'explant. Sur le milieu M, l'essaimage est beaucoup moindre ou nul, de sorte que l'intégrité de l'organe s'y conserve mieux.

1° *Lamelle branchiale de* B. candida. — Les fragments de branchie sont, de tous les organes étudiés, ceux qui essaiment le plus. Après 24 h déjà, on observe une multitude de cellules ciliées qui nagent activement autour de l'explant. L'activité vibratile de ces cellules, ainsi que de celles qui restent en place, se poursuit jusqu'à la fin de la culture. A l'examen histologique, la lamelle branchiale offre un aspect sain (*fig.* 2); elle ne diffère d'une lamelle non cultivée (*fig.* 1) que par sa structure plus aplatie et par la moindre hauteur de ses filaments.

2° *Diverticules intestinaux de* B. candida. — Les diverticules intestinaux cultivés sur le milieu M ne subissent aucune perte de cellules par essaimage; sur le milieu St M, seul un petit nombre de cellules se disperse autour de l'explant. L'activité vibratile de l'épithélium des conduits ciliés se maintient pendant toute la durée de la culture. Cet épithélium a tendance à encapsuler l'explant, du moins en partie. Si la structure histologique des conduits ciliés ne se modifie guère pendant l'explantation, il n'en va pas de même des tubules digestifs, qui constituent le cul de sac des diverticules intestinaux. Avant l'explantation, les tubules digestifs sont bordés par deux types de cellules : les unes, à cytoplasme fortement basophile, sont groupées au fond de trois cryptes; les autres, dont le cytoplasme clair est chargé de multiples vacuoles, sont plus nombreuses et plus hautes (*fig.* 3).

Au bout de sept jours de culture, l'épithélium des tubules n'est plus constitué que de cellules plus ou moins aplaties. Les cryptes ne sont plus visibles; la plupart des cellules sombres se retrouve dans la lumière des tubules, remplie par ailleurs d'une grande quantité de substance anhiste et de débris cellulaires (*fig.* 4).

Les matières diverses qui s'accumulent dans les tubules en culture correspondent-elles à l'activité excrétrice normale des cellules des tubules,

ou représentent-elles plutôt le rejet de cellules que les conditions d'explantation auraient fait dégénérer ? Il est probable aussi qu'une partie des substances accumulées provienne de l'activité sécrétoire de certaines des cellules de l'épithélium tubulaire.

3° *Ovaire de* C. intestinalis. — A côté des replis du feuillet germinatif, les ovaires présentent, au moment de l'explantation, des ovocytes à tous états de développement (*fig.* 5). Cette structure se conserve parfaitement en culture; on observe simplement un tassement des ovocytes les uns sur les autres (*fig.* 6).

4° *Organe cardio-péricardique de* C. intestinalis. — L'organe cardio-péricardique est déposé en entier sur le milieu M. Ses contractions rythmiques se poursuivent pendant les sept jours de culture. L'aspect histologique de la paroi péricardique, constituée d'une seule couche de cellules aplaties, se maintient sans changement. Les cellules musculaires striées du cœur, par contre, subissent un gonflement considérable de leur cytoplasme (*fig.* 7 et 8).

Conclusions. — Les milieux de culture éprouvés permettent de maintenir en survie pendant au moins sept jours des organes entiers ou des fragments d'organes de *Barnea candida* et de *Ciona intestinalis*. Alors que la lamelle branchiale de *B. candida*, l'ovaire immature et l'organe cardio-péricardique de *C. intestinalis* cultivés *in vitro* ne montrent que peu de modifications de leur structure, les diverticules intestinaux de *B. candida* subissent, particulièrement au niveau des tubules digestifs, des altérations histologiques qui sont, soit le reflet d'une dégénérescence cellulaire, soit le signe de leur activité fonctionnelle.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1396; *Texas Rep. Biol. Med.*, 10, 1952, p. 463.
(2) *J. exp. Zool.*, 5, 1907, p. 245 et 11, 1911, p. 281.
(3) *Pflüger's Arch. ges. Physiol. Mensch. und Tiere*, 131, 1910, p. 465.
(4) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 573; *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 618; *Arch. exp. Zellf.*, 6, 1928, p. 264.
(5) *J. exp. Zool.*, 42, 1925, p. 183 et 223.
(6) *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 2751.
(7) *J. exp. Biol.*, 11, 1934, p. 11.

(*Laboratoire d'Embryologie expérimentale du Collège de France et du C. N. R. S.*
et *Laboratoire de Biologie marine du Collège de France, Concarneau.*)

GÉNÉTIQUE. — *Comparaison du nombre de descendants engendrés par les mâles de deux souches de* Drosophila melanogaster. Note (*) de M. **Ernest Bösiger**, présentée par M. Pierre.-P. Grassé.

Les mâles de la souche « cinnabar », qui possède un degré élevé d'hétérozygotie, engendrent après une seule copulation beaucoup plus de descendants que les mâles de la souche « vermillon », qui est très endogame. Dans les deux cas, on observe une forte hétérosis, si le croisement est hétérogame. Les femelles de la souche *cn* semblent être plus fertiles que celles de la couche *v*.

Les mâles de *Drosophila melanogaster* de souches qui ont un degré élevé d'hétérozygotie pour leurs systèmes polygéniques fécondent au cours de 48 h plus de femelles que les mâles de souches très consanguines [1], [2], [3]. Pour les mâles de la souche « cinnabar 127 » (*cn*), qui possède un degré élevé d'hétérozygotie, il est certain que cet avantage sélectif par rapport aux mâles de la souche *vermillon A* (*v*), très consanguine, est en premier lieu dû à l'intensité et à la persévérance de leur parade nuptiale [4].

Mais on pouvait penser, que l'avantage sélectif des mâles « *cn* », et d'une manière générale des mâles hétérozygotes, n'est pas limité à la vigueur de l'exécution de la parade nuptiale qui aboutit à un grand nombre de copulations. D'autres facteurs comme par exemple la quantité de spermatozoïdes transmis par un mâle au cours d'une copulation pourraient s'y ajouter.

Cette Note expose les résultats d'une étude du nombre de descendants produits par des femelles *cn* et des femelles *v* après une seule copulation avec un mâle *cn* ou un mâle *v*. Par analogie aux expériences antérieures, quatre types de couples ont été formés [1].

Dès qu'une copulation a été observée, le mâle est écarté. Pendant un mois la femelle est transvasée d'abord tous les deux jours, et ensuite tous les quatre jours dans un autre tube de culture. Le recensement des imagos qui éclosent dans chacun de ces tubes permet d'évaluer le nombre de descendants engendrés après une seule copulation et de comparer la valeur sélective des mâles et des femelles de ces deux souches.

Pour un type de croisement donné on observe une assez forte variation du nombre de descendants d'un couple à l'autre. Mais en répétant l'expérience un grand nombre de fois, on obtient des moyennes statistiquement bien assurées.

Le tableau de chiffres donne pour chaque type de croisement d'abord le nombre de descendants qui sont nés au cours de huit périodes de quatre jours, ainsi que la somme correspondante pour toute la durée de l'expérience. Pour faciliter la comparaison de la répartition des éclosions au cours des 32 jours, le tableau donne ensuite le pourcentage des descendants nés au cours des périodes successives de quatre jours, ainsi que le nombre de descendants produits en moyenne par une femelle.

Il est bien évident que les mâles *cn* engendrent beaucoup plus de descendants que les mâles *v*. Mais si le rapport est de 2,1 pour les croisements avec les femelles *cn*, il est de 8,0 pour les croisements avec les femelles *v*. Il est certain qu'on se trouve en présence d'un effet d'hétérosis, puisque les deux types de mâles engendrent un plus grand nombre de descendants dans le croisement hétérogame. Pour les mâles *v* le rapport est de 2,4 et pour les mâles *cn* il est de 1,5 en faveur du croisement hétérogame. Des expériences ultérieures permettront de décider si cet effet d'hétérosis est dû à une différence de la quantité de sperme transmis, à un plus grand pouvoir de fécondation des spermatozoïdes dans les croisements hétérogames ou à une plus grande vigueur des embryons et des larves hétérozygotes.

Nombre des descendants nés au cours de huit périodes de quatre jours.

Croisements.	Nombre de couples.		Périodes de quatre jours. 1 à 4.	5 à 8.	9 à 12.	13 à 16.	17 à 20.	21 à 24.	25 à 28.	29 à 32.	N et $\overline{m}$ par femelle.
♀ *v* × ♂ *v*	69	*n* [a]...	1032	319	120	119	28	11	1	3	N : 1633
		% [b]...	63,20	19,53	7,35	7,29	1,71	0,67	0,06	0,18	
		$\overline{m}$ [c]...	14,96	4,62	1,74	1,72	0,41	0,16	0,01	0,04	$\overline{m}$: 23,67
♀ *v* × ♂ *cn*	59	*n*.....	3213	2937	2281	1393	873	399	57	23	N : 11176
		%....	28,75	26,28	20,41	12,46	7,81	3,57	0,51	0,21	
		$\overline{m}$....	54,46	49,78	38,66	23,61	14,80	6,76	0,97	0,39	$\overline{m}$: 189,42
♀ *cn* × ♂ *v*	108	*n*.....	5435	677	81	37	4	–	–	–	N : 6234
		%....	87,18	10,86	1,30	0,59	0,06	–	–	–	
		$\overline{m}$....	50,32	6,27	0,75	0,34	0,04	–	–	–	$\overline{m}$: 57,72
♀ *cn* × ♂ *cn*	84	*n*.....	7330	2765	257	29	4	–	–	–	N : 10385
		%....	70,58	26,62	2,47	0,28	0,04	–	–	–	
		$\overline{m}$....	87,26	32,92	3,06	0,35	0,05	–	–	–	$\overline{m}$: 123,63

([a]) Nombre des descendants par périodes de quatre jours.
([b]) Pourcentage des descendants par périodes de quatre jours.
([c]) Nombre moyen de descendants par femelle et par période de quatre jours.
([d]) Nombre total de descendants par croisement et nombre moyen de descendants par femelle.

Les femelles *v* sont apparemment plus prolifiques, que les femelles *cn*. Mais ceci n'est très probablement qu'une conséquence du plan de l'expérience. Dans le cas du croisement hétérogame les femelles *v* se trouvent en présence de mâles vigoureux, tandis que les femelles *cn* n'ont à leur disposition que des mâles très peu vigoureux. Malgré les apparences contraires il est dès maintenant possible de déduire des expériences présentées un avantage sélectif des femelles *cn* sur les femelles *v*.

Toutes les femelles *cn* ont épuisé le stock de spermatozoïdes qui leur a été transmis par une seule copulation au plus tard après 20 jours. La plus grande partie du sperme est même déjà utilisée après les quatre premiers jours. Les femelles *v* par contre utilisent les spermatozoïdes petit à petit jusqu'au 32[ième] jour. Cette observation permet de penser que les

femelles *cn* produisent un plus grand nombre d'œufs, ce qui aboutit à une utilisation des spermatozoïdes dans un bref délai.

La comparaison des deux croisements ♀ × *cn* et *cn* × *cn* renforce cette hypothèse. Dans le premier cas les femelles ♀ utilisent les spermatozoïdes par petites fractions, tandis que les femelles *cn* épuisent les deux tiers dès la première période de quatre jours.

Des expériences ultérieures seront néanmoins nécessaires pour déterminer objectivement la fertilité des femelles de ces deux souches.

Ces expériences permettent egalement de déduire que l'avantage sélectif des mâles *cn* n'est pas imputable en premier lieu à une plus grande longévité de leurs spermatozoïdes dans les spermathèques des femelles. On constate en effet que les deux types de spermatozoïdes restent actifs jusqu'à la fin de la période d'observation dans le cas des femelles ♀ qui ne fournissent que relativement peu d'œufs. Dans le cas des femelles *cn* par contre les deux types de spermatozoïdes sont rapidement utilisés et accusent la même période de présence dans les spermathèques.

Les expériences présentées dans cette Note montrent que les mâles d'une souche *cn* qui possède un degré élevé d'hétérozygotie transmettent au cours d'une seule copulation beaucoup plus de spermatozoïdes aux femelles ♀ et aux femelles *cn* que les mâles de la souche ♀, qui est arrivée à un stade de forte consanguinité. Les expériences permettent également d'établir l'hypothèse que les femelles de la souche *cn* produisent un plus grand nombre d'œufs que les femelles de la souche ♀.

(*) Séance du 24 mai 1961.
(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1320.
(2) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1419.
(3) *Experientia*, 16, 1960, p. 270.
(4) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2107.

(*Laboratoire de Génétique évolutive et de Biométrie du C. N. R. S. à Gif-sur-Yvette.*)

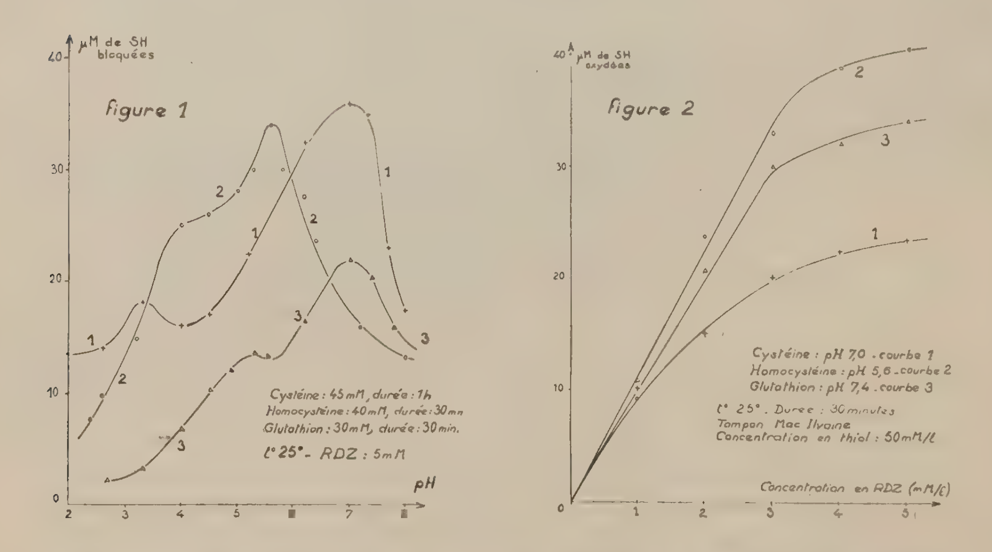
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques propriétés biochimiques de l'acide rhodizonique. Glutathion et homocystéine.* Note (*) de M. **Jean-Louis Seris**, présentée par M. Raoul Combes.

L'acide rhodizonique manifeste vis-à-vis de l'homocystéine et du glutathion une réactivité du même ordre que celle décrite pour la cystéine. Outre la réaction d'oxydation, on retrouve l'existence de réactions d'addition dont le mécanisme n'est pas encore élucidé.

Dans une Note précédente ([1]), j'ai exposé les résultats obtenus en étudiant le comportement de l'acide rhodizonique (dihydroxydiquinone) vis-à-vis de l'acide thiomalique et de la cystéine. Poursuivant cette étude biochimique, j'envisagerai dans la présente Note, le cas de l'homocystéine et du glutathion.

Les réactions ont pu être suivies avec précision en utilisant la méthode ampérométrique de dosage des SH par le nitrate d'argent, en milieu ammoniacal, à l'électrode de platine tournante ([2]).

En premier lieu, j'ai recherché quel était l'effet du pH sur le nombre de molécules de composé thiol réagissant avec l'acide rhodizonique (*fig.* 1). La courbe 1 représente le comportement de la cystéine ([1]), les courbes 2 et 3, respectivement, l'homocystéine et le glutathion.



Les conditions expérimentales sont reportés sur la figure 1 ; les concentrations initiales étaient respectivement : 5 mM/l en RDZ, 45 mM/l en cystéine, 40 mM/l en homocystéine et 30 mM/l en glutathion.

Il apparaît immédiatement que les trois courbes sont du même type et offrent la particularité de présenter deux optimums. Ces derniers sont trop voisins pour être distingués dans le cas de l'homocystéine, mais ils ont pu être séparés en effectuant des essais identiques en atmosphère inerte. Ceci permet de conclure que l'homocystéine et le glutathion ont, vis-à-vis de l'acide rhodizonique, un comportement similaire à celui déjà étudié pour la cystéine; chacun des composés thiol participe, avec le rhodizonate, à deux types de réaction :

— une réaction d'oxydoréduction correspondant à l'équation

$$(1) \qquad 2\,RSH + RDZ \rightleftharpoons THQ + RSSR$$

qui donne naissance à la tétrahydroxyquinone et au dérivé disulfuré;

— une réaction d'addition et de condensation faisant intervenir les groupements —SH et $—NH_2$ des molécules considérées.

Comme je l'ai montré par ailleurs ([3]), c'est l'ion rhodizonate qui est responsable de la réaction d'oxydoréduction et c'est la forme acide, non dissociée, de l'acide rhodizonique qui donne lieu à des réactions d'addition avec la cystéine. Ces résultats semblent confirmés dans le cas de l'homocystéine et du glutathion; l'optimum de la réaction d'oxydation en dérivé disulfuré se situe à pH 5,6 pour l'homocystéine et à pH 7,4 pour le GSH.

Comme pour la cystéine et l'acide thiomalique ([1]), les quantités de thiol oxydées sont bien supérieures aux quantités stœchiométriques prévues par l'équation (1). Au fur et à mesure de la réduction de l'ion rhodizonate en tétrahydroxyquinone, celle-ci est oxydée par l'oxygène de l'air et régénère le RDZ suivant l'équation

$$(2) \qquad THQ + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow RDZ + H_2O.$$

Ceci explique la très grande réactivité de l'acide rhodizonique vis-à-vis des composés à fonction thiol.

Si l'étude de la cystéine avait permis de séparer les deux types de réaction, cela s'est avéré impossible dans le cas de l'homocystéine et du glutathion car les deux optimums sont trop rapprochés. En outre, pour ces deux composés, la réaction d'addition n'intervient plus à pH 1, ce qui n'était pas le cas de la cystéine (*fig.* 1, courbe 1).

Les courbes de la figure 2 ont trait à l'effet de la concentration en acide rhodizonique sur le nombre de molécules de thiol oxydées, en se plaçant à l'optimum de pH de la réaction d'oxydoréduction pour chacun des composés étudiés. Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau ci-dessous; les conditions expérimentales étaient les suivantes: teneur

initiale en composé thiol : 50 mM/l dans chaque cas; durée des essais : 30 mn; température : 25°; pH des essais : cystéine, 7,0; homocystéine, 5,6; glutathion, 7,4.

Concentration en RDZ (mM/l).	Nombre de μ moles oxydées en 30 mn.		
	Cystéine.	Homocystéine.	Glutathion.
1	10	9,2	11,1
2	15,3	24,0	20,8
3	20,5	33,2	30,1
4	22,5	39,0	32,0
5	23,5	40,7	33,5

N. B. — Les résultats contenus dans le tableau correspondent au nombre de micro moles de thiol oxydées par millilitre de solution. Au temps zéro, 1 ml contient 50 μ moles.

La comparaison de ces trois courbes permet les constatations suivantes :

— c'est l'homocystéine qui s'avère être le plus réactif des trois composés étudiés, viennent ensuite : le glutathion puis la cystéine;

— la proportionnalité entre le nombre de molécules de thiol oxydées et la teneur de la solution en acide rhodizonique n'est pas vérifiée dans le cas de la cystéine. Pour homocystéine et glutathion, cette proportionnalité n'est suivie que pour les concentrations en acide rhodizonique inférieures à 3 mM/l; soit pour un rapport de concentrations entre thiol et RDZ supérieur à 15. La faible solubilité de rhodizonate peut rendre compte de ce résultat, mais ne permet pas d'expliquer la différence de comportement de la cystéine.

En conclusion, l'étude de l'homocystéine et du glutathion confirme les résultats précédemment obtenus avec la cystéine; à l'optimum de pH de chacun de ces composés, il s'avère que l'ordre de réactivité décroissante s'établit comme suit : homocystéine, glutathion, cystéine.

(*) Séance du 24 mai 1961.

(1) J. L. Seris, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 158.
(2) I. M. Kolthoff et W. Stricks, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 1952.
(3) J. L. Seris, *Thèse Doct. Spécialité* (*Physiologie végétale*), Toulouse, 1961.

(*Laboratoire de Physiologie végétale*, 3e *Cycle*, *Faculté des Sciences, Toulouse.*)

MICROBIOLOGIE. — *Étude au microscope électronique de mutants asporogènes de* Bacillus subtilis. Note (*) de Mme **Antoinette Ryter**, Mlle **Hélène Ionesco** et M. **Pierre Schaeffer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude électromicroscopique de spores bactériennes, ou de bacillacées en cours de sporulation, a fait l'objet de nombreuses publications, dont une revue a récemment paru (1). A l'état mûr, ces spores ont trois enveloppes: une fine *membrane cytoplasmique sporale* (spore wall), entourée d'une enveloppe plus épaisse, le *cortex*, tenu pour responsable de l'imperméabilité des spores aux colorants, enfin une *enveloppe extérieure* (spore coat) très dense et composée de plusieurs feuillets (2). Au cours de la sporogenèse, l'enveloppe qui se forme la dernière est le cortex, mais la première à se former n'a pas été identifiée avec certitude.

D'autre part, des corpuscules à structure tubulaire, formés par invagination de la membrane cytoplasmique bactérienne, ont été décrits chez diverses espèces, sporogènes ou non (3), (4), (5), (6). Suivant en cela Fitz-James (5), nous appellerons ici mésosomes ces organelles [au moins jusqu'à ce qu'une identification précise de leur fonction justifie définitivement l'appellation utilisée par Giesbrecht (4) de mitochondries)]. On en compte jusqu'à trois par bactérie, chaque spore semblant en contenir un. Les mésosomes sont visibles tant au cours de la croissance qu'après son arrêt.

Nous avons entrepris une étude de la sporulation chez la souche Marburg de *B. subtilis*; des mutants en ont été isolés qui sont, soit asporogènes (Sp^-), soit oligosporogènes [Osp; *cf.* (8)]. Les aspects génétique et biochimique de cette étude ont été décrits (7), (8), (9) et nous rappellerons seulement qu'on voit apparaître, dans les extraits de la souche sauvage (Sp^+) en sporulation, une activité DPNH-oxydasique, liée à des particules sédimentables, et qui ne s'observe pas dans les préparations correspondantes des souches mutantes étudiées (9).

L'aspect cytologique de cette étude fait l'objet de la présente Note. La souche sporogène utilisée, Try^- Sp^+, est marquée par son incapacité à synthétiser le tryptophane. Sa sporulation est étudiée dans des cultures en bouillon nutritif, aérées et incubées à 37°. On appelle temps zéro de la sporulation le moment où la croissance cesse d'être exponentielle. Une heure plus tard, au temps t_1, la sporulation est amorcée de façon irréversible; elle est pratiquement terminée au temps t_7, la majorité des bactéries étant alors thermorésistantes. (Dans certaines expériences, cette évolution a cependant été plus lente.) Les électromicrographies sont celles de coupes ultraminces de bactéries traitées selon la technique de Ryter et Kellenberger (10).

Les aspects typiques observés au cours de la croissance exponentielle et aux temps t_1 et t_5 sont illustrés par les figures 1 à 3. L'aspect de croissance (*fig.* 1) est caractérisé, comme il va de soi, par l'absence de tout signe de sporulation, et aussi par l'absence de mésosomes bien développés. Au temps t_1 (*fig.* 2), deux changements marqués se sont déjà produits : 1° le matériel membranaire à structure tubulaire s'est considérablement développé; 2° une préspore s'est formée, délimitée par une seule enveloppe, d'ailleurs composée de deux feuillets. Des électromicrographies (non présentées) obtenues entre t_0 et t_1 sont en accord avec le mode de formation des préspores et des mésosomes décrit par Fitz-James (5). Au temps t_5 enfin (*fig.* 3), l'aspect des mésosomes est resté sensiblement le même qu'à t_1, mais la préspore (non encore thermorésistante) est pourvue des trois enveloppes caractéristiques de la spore mûre.

On ne peut manquer de rapprocher le développement des mésosomes après la croissance de l'augmentation de l'activité DPNH-oxydasique (9), les deux phénomènes étant associés aux premiers stades de la sporulation. Le rapprochement s'impose aussi avec la levure chez laquelle on observe, en fin de croissance aérobie, un développement simultané des enzymes respiratoires et des mitochondries (11).

Aux aspects de sporulation présentés par la souche Sp^+ seront maintenant comparés ceux présentés, au temps t_7, par plusieurs mutants de sporulation. Les souches $Try^- Sp_1^-$ (*fig.* 4), $Try^- Sp_3^-$, $Try^- Sp_4^-$ (*fig.* 5) et $Try^- Osp_A$ ne montrent jamais aucun début de sporulation. Bien qu'aucune de ces souches ne présente d'augmentation de l'activité respiratoire après croissance, toutes montrent des mésosomes bien développés. Si ces derniers sont, chez la souche $Try^- Sp^+$, responsables de l'activité DPNH-oxydasique, un divorce existe donc, chez ces mutants, entre la structure des mésosomes, qui semble normale, et leur fonction, qui est absente. La même observation a été faite dans le cas des mitochondries de la levure à petites colonies [mutant cytoplasmique (12)].

Deux autres mutants asporogènes ont été examinés, non encore étudiés aux points de vue génétique et biochimique : Sp_{12}^- et Sp_{68}^-. Ils ont été choisis pour les aspects anormaux que révélait leur examen au microscope à contraste de phase, aspects qui suggéraient l'existence d'une sporulation abortive. On voit (*fig.* 6) qu'à t_7, le mutant Sp_{68}^- est toujours arrêté à un stade de la sporulation très voisin de celui présenté à t_1 par la souche Sp^+; il ne dépassera jamais ce stade. Quant au mutant Sp_{12}^- (*fig.* 7 et 8), il ne sporule pas à proprement parler, mais présente des segmentations anarchiques. Les mésosomes semblent normaux dans les deux souches.

En conclusion, l'étude électromicroscopique permet de caractériser les mutants de sporulation par le stade de la sporogénèse qu'ils sont capables d'atteindre : certains mutant n'amorcent pas la sporulation de façon visible, d'autres s'engagent dans une sporulation abortive, d'autres enfin

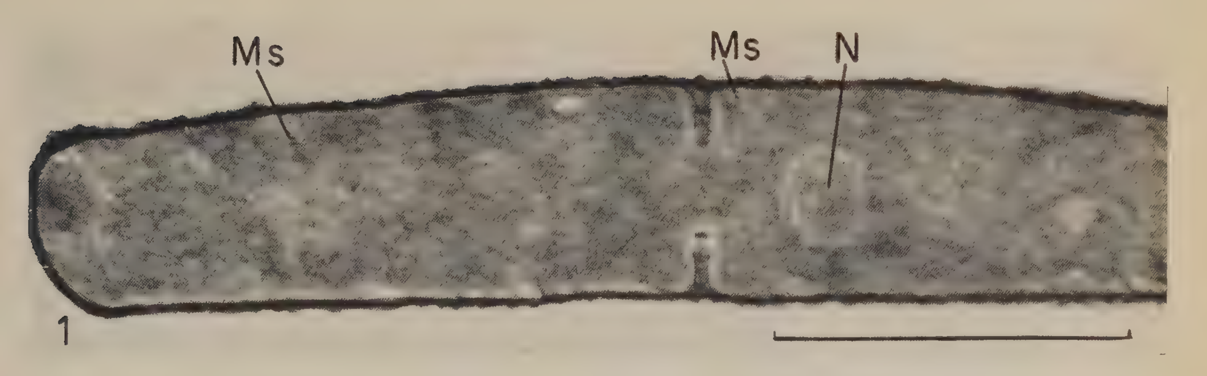


Fig. 1. — Souche Try⁻ Sp⁺ en croissance exponentielle.

La structure du cytoplasme est finement granulaire; on distingue les aires chromatiniques (N), à nucléoplasme fibrillaire. La membrane cytoplasmique, visible sous la paroi très dense, présente plusieurs petites protubérances à contenu tubulaire : il semble s'agir de mésosomes (Ms), à un stade précoce de leur développement. On observe parfois, même au cours de la croissance, des mésosomes intracytoplasmiques assez bien développés.

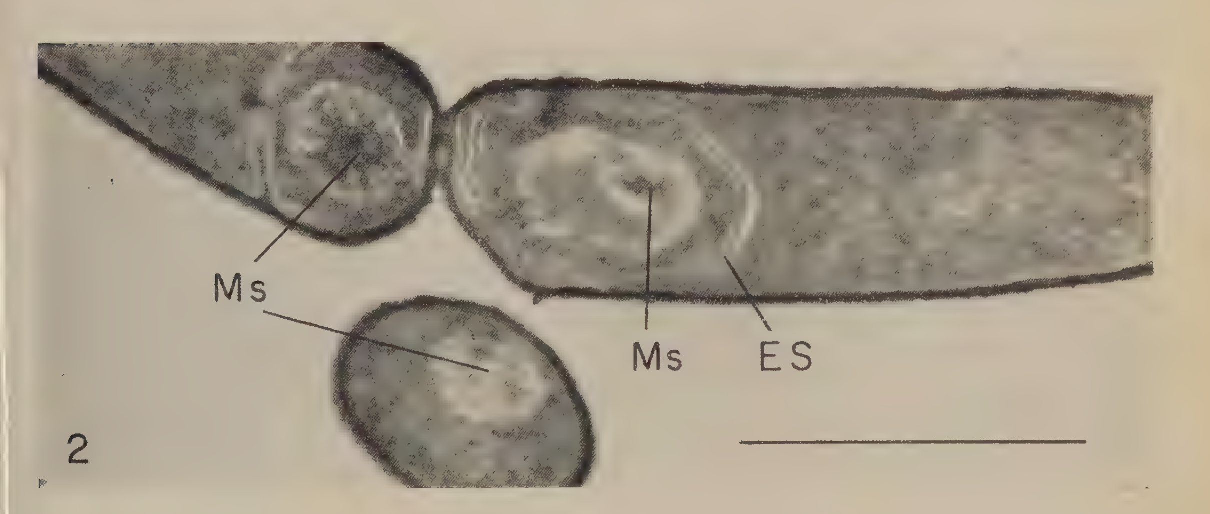


Fig. 2. — Souche Try⁻ Sp⁺ au temps t_1.

Une préspore est incluse dans le cytoplasme de la bactérie de droite; une seule enveloppe sporale (ES) la délimite, faite de deux feuillets [*cf.* (⁶)]. Un mésosome (Ms), inclus dans du matériel nucléaire, est reconnaissable dans la préspore. La cellule sœur, à gauche, présente un septum transversal en formation. Il ne s'agit pas d'un septum sporal, car la paroi participe à sa constitution, mais d'un septum de division normale. Des mésosomes bien développés sont visibles.

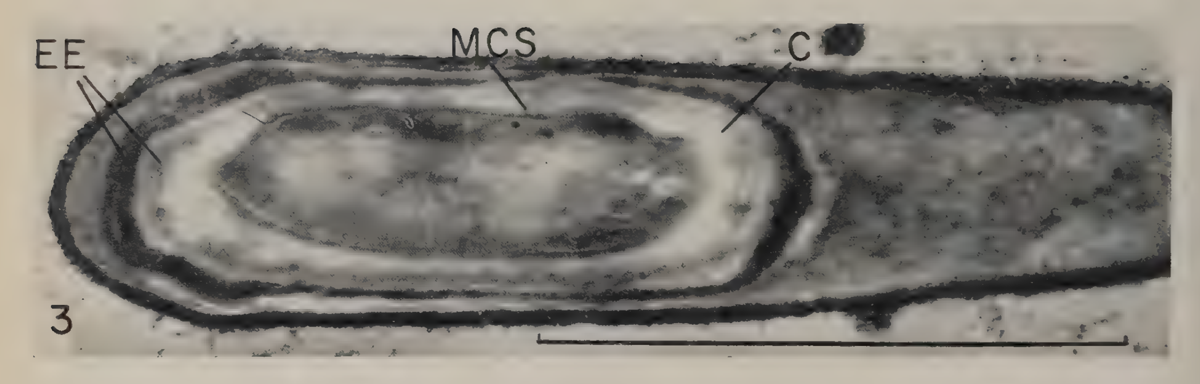


Fig. 3. — Souche Try⁻Sp⁺, au temps t_5.

Les trois enveloppes sporales sont déjà reconnaissables dans cette préspore incluse, non encore thermorésistante : l'enveloppe extérieure (EE) très dense, composée de plusieurs feuillets ; le cortex (C) sous-jacent, de densité plus faible, et la fine membrane cytoplasmique sporale (MCS).

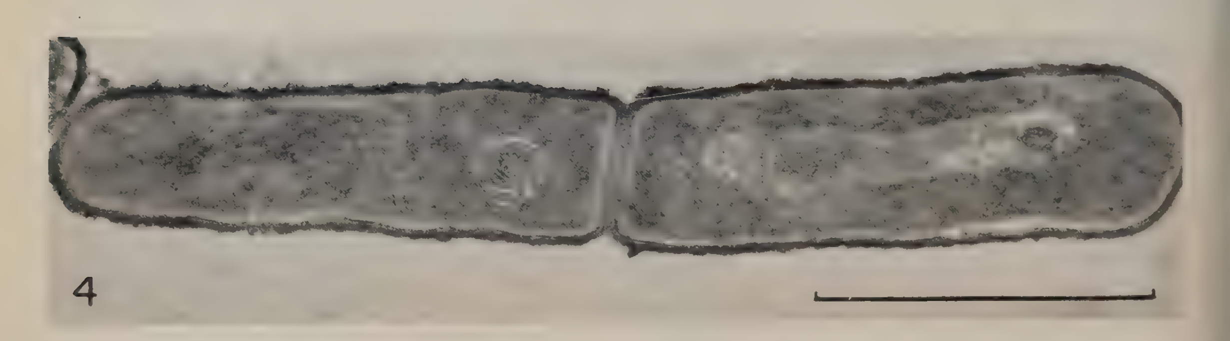


Fig. 4. — Mutant Try⁻ Sp_1^- au temps t_7.

Aucun signe certain de sporulation n'est visible dans ces bactéries. Les mésosomes sont bien développés. Les souches Try⁻ Sp_3^- et Try⁻ Osp_A présentent, au même temps, le même aspect.

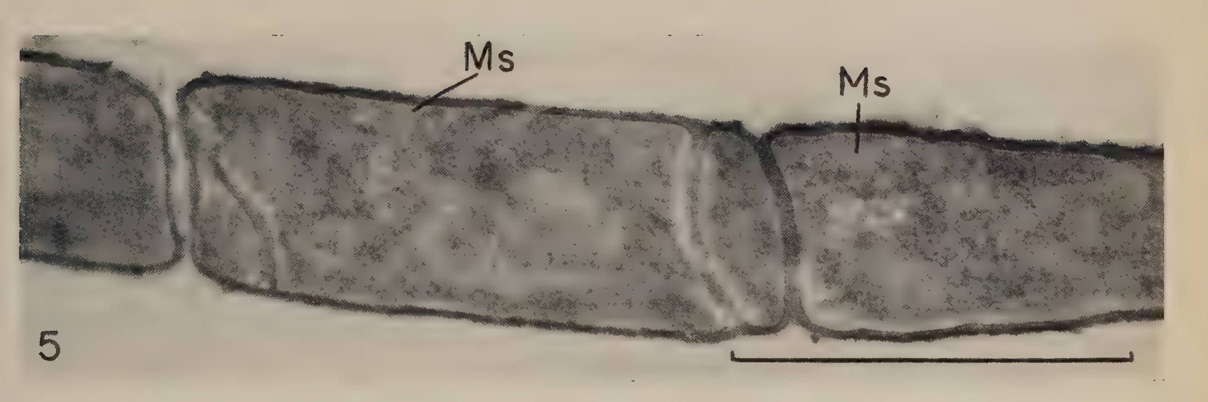


Fig. 5. — Mutant Try⁻ Sp^{-}_{4} au temps t_7.

Aucun signe de sporulation n'est reconnaissable. Les mésosomes (Ms), bien développés, ne sont pas franchement intracytoplasmiques, mais appliqués contre la paroi et leur membrane limitante est mal visible.

La bactérie centrale est remarquable par son cloisonnement : des septa, auxquels participe la paroi, et qui ne sont pas toujours transversaux, découpent le cytoplasme. Les portions ainsi isolées semblent dépourvues de chromatine et de mésosomes.

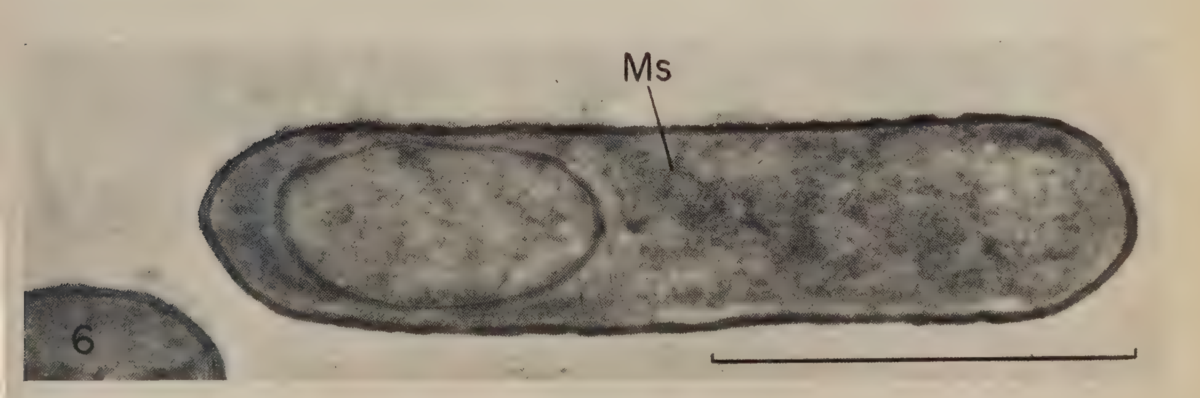


Fig. 6. — Mutant Sp^{-}_{68} au temps t_7.

Une préspore s'est formée, incluse en situation normale dans le cytoplasme bactérien et délimitée par une seule enveloppe, constituée par un double feuillet. Son cytoplasme est moins dense que celui de la bactérie, dans lequel un mésosome (MS) est bien visible.

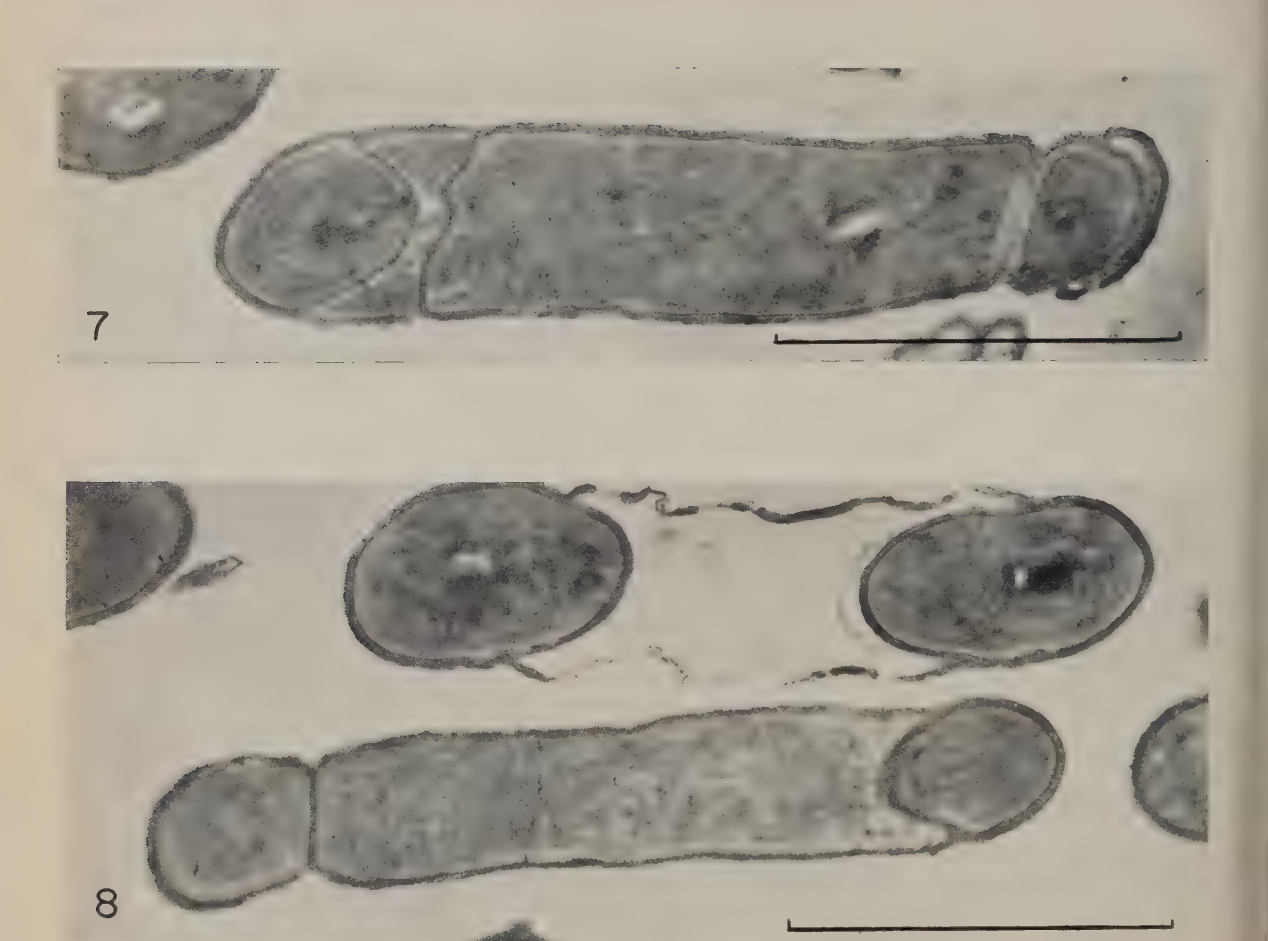


Fig. 7 et 8. — Mutant Sp^{-}_{12} au temps t_{7}.

On ne reconnaît pas, dans ces bactéries monstrueuses, les aspects caractéristiques d'une sporulation normale. Des corps ovoïdes polaires se sont formés qui contiennent souvent de la substance nucléaire et des mésosomes. Ils se distinguent des préspores par le fait que la paroi bactérienne participe à la formation de leur enveloppe : ils ne sont pas inclus dans le cytoplasme. Ils apparaissent d'ailleurs aux deux pôles de la bactérie, et survivront à la lyse de la partie centrale, sans jamais devenir thermorésistants. Des septa surnuméraires sont fréquents, comme chez le mutant Sp^{-}_{4}.

présentent des phénomènes monstrueux imprévisibles. Le développement du matériel membranaire en mésosomes bien individualisés, marqué surtout en fin de croissance, est contemporain du début de la sporulation. S'il n'en est assurément pas une condition suffisante, il pourrait en être une condition nécessaire.

(*) Séance du 29 mai 1961.

(1) C. F. ROBINOW, in *The Bacteria*, I. C. Gunsalus et R. Y. Stanier, Academic Press, 1, 1960, p. 207.

(2) K. TOKUYASU et E. YAMADA, *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 5, 1959, p. 129.

(3) R. G. E. MURRAY, in *The Bacteria*, I. C. Gunsalus et R. Y. Stanier, Academic Press, 1, 1960, p. 35.

(4) P. GIESBRECHT, *Zentralbl. Bakt.*, I. Orig., 179, 1960, p. 538.

(5) P. C. FITZ-JAMES, *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 8, 1960, p. 507.

(6) A. M. GLAUERT, E. M. BRIEGER et J. M. ALLEN, *Exp. Cell Res.*, 22, 1961, p. 73.

(7) P. SCHAEFFER, H. IONESCO et F. JACOB, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 577.

(8) P. SCHAEFFER et H. IONESCO, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 3125.

(9) J. SZULMAJSTER et P. SCHAEFFER, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 220.

(10) A. RYTER et E. KELLENBERGER, *Z. Naturforsch.*, 13 *b*, 1958, p. 597.

(11) B. EPHRUSSI, P. SLONIMSKI, Y. YOTSUYANAGI et J. TAVLITZKI, *C. R. Lab. Carlsberg*, série Physiol., 26, 1956, p. 87.

(12) Y. YOTSUYANAGI, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 274.

(*Services de Physiologie microbienne et de Photomicrographie de l'Institut Pasteur*).

GÉRONTOLOGIE. — *Étude de l'effet favorable du 3.3-pentaméthylène-4-hydroxybutyrate de sodium sur l'efficience intellectuelle des personnes âgées.* Note de MM. **François Bourlière**, **Jean Poitrenaud** et Mlle **Hélène Cendron**, présentée par M. Léon Binet.

88 sujets âgés présentant des difficultés intellectuelles allant des troubles mnésiques légers à la démence sénile débutante ont été traités par le 3.3-pentaméthylène-4-hydroxybutyrate de sodium pendant trois mois. Parallèlement à l'amélioration subjective marquée ressentie par la plupart des sujets, une amélioration objective, statistiquement significative par rapport aux résultats des témoins recevant un placebo, a été mise en évidence à l'aide d'un test de code. Le produit étudié agit plus sur l'efficience ou le rendement intellectuel des personnes âgées que sur les mécanismes mnésiques proprement dits.

L'action favorable du 3.3-pentaméthylène-4-hydroxybutyrate de sodium sur certains troubles séniles du comportement a été récemment soulignée par Bochnik et coll. ([1]), Chesrow et coll. ([2]), Dziuba ([3]) et Fladung ([4]). Il nous a paru, de ce fait, intéressant de préciser le mode d'action de cette substance en utilisant des méthodes objectives et en comparant les sujets traités par le produit supposé actif avec d'autres recevant un placebo.

Population étudiée. — La présente étude a été effectuée sur 88 sujets âgés (41 ♂ et 47 ♀), âgés de 47,0 à 88,6 ans, venus consulter au Centre de Gérontologie de l'Association Claude-Bernard pour divers troubles imputés à leur âge.

Parmi eux, 65 (Groupe I) peuvent être qualifiés de « sub-normaux ». Ils se plaignaient en effet de défaillances de « mémoire », de fatigabilité intellectuelle, d'asthénie et de tendance dépressive. Tous continuaient cependant à vivre dans leur milieu social habituel et à avoir une activité de type professionnel. Ils furent, pour cette expérimentation, divisés en deux sous-groupes A et B, le premier recevant quotidiennent le produit actif (généralement 200 mg par 24 h), pendant trois mois, et le second recevant un placebo dans des conditions identiques. Ces deux sous-groupes étaient très comparables entre eux quant à la répartition des sexes, au quotient intellectuel, au niveau socio-économique (élevé) et à la proportion de sujets présentant des troubles mnésiques sérieux. Ils ne différaient fortuitement que sous l'angle de l'âge, les « témoins » étant en moyenne de sept ans plus vieux (74 ans) que les « traités » (67 ans).

23 autres sujets (groupe II) présentaient au contraire des signes certains de détérioration mentale pathologique, d'origine démentielle. Leur âge s'échelonnait entre 60,6 et 87,0 ans ($75,9 \pm 7,2$ en moyenne). Aucun examen psychométrique comparable ne put être effectué sur eux et l'effet du traitement dut être estimé sur la base des appréciations de leur entourage. Aucun placebo ne fut employé dans cette catégorie.

Techniques. — Quatre tests comportant des formes parallèles pour le re-test ont été choisis. Ce sont : l'échelle de mémoire de Wechsler [5], le test de rétention visuelle de Benton [6], le test de mémoire d'A. Rey [7] et le test de code utilisé par Clément [8]. Alors que les trois premiers sont censés estimer certains aspects de la mémoire, le dernier est destiné à apprécier plus spécifiquement l'efficience intellectuelle définie comme l'actualisation des possibilités intellectuelles.

L'examen psychométrique fut toujours complété par un interview permettant d'apprécier les effets subjectifs du traitement (et du placebo) sur les sujets. Ceux-ci furent répartis en cinq catégories allant de la nette amélioration (+ 2) à l'aggravation (— 2).

Résultats. — Pour éliminer l'éventuelle influence de la différence d'âge entre les deux sous-groupes A et B du groupe I, nous avons apporté à la note obtenue par chaque sujet une correction pour la détérioration physiologique (la valeur moyenne de celle-ci étant tirée des courbes d'étalonnage). Pour réduire la dispersion inter-individuelle et augmenter le degré de comparabilité des deux sous-groupes A et B, nous avons de plus travaillé non pas sur la différence absolue entre la performance initiale et la performance finale, mais sur le rapport de cette différence à la performance initiale.

Le tableau I résume les résultats objectifs obtenus pour le groupe I. Ils sont donnés en pourcentages moyens de gain (+) et de perte (—) par rapport à la performance initiale. Comme on le voit, la différence est statistiquement significative pour le test de code en faveur des sujets traités. Pour le test de Rey, il existe aussi une différence sensible en faveur des traités, mais elle n'est pas statistiquement significative.

TABLEAU I.

	Moyennes des différences relatives.		
Test.	Groupe des traités.	Groupe témoin (placebo).	Contrôle statistique (t).
Test de mémoire de Wechsler...	—2,88	—2,46	Non significatif
» Benton................	—2,80	+0,84	»
» mémoire d'A. Rey......	+7,52	—1,20	»
» code..................	+8,32	—0,005	Significatif à P = 0,05

Les résultats subjectifs des sujets du groupe I sont indiqués dans le tableau II, ci-après. L'action favorable du traitement y apparaît nettement et il existe entre les deux populations (traités et témoins) une différence statistiquement significative au seuil de P = 0,05. Parmi les petits déments du groupe II, nous n'avons observé après traitement qu'un seul cas d'amélioration nette et huit cas d'amélioration simple, contre dix états stationnaires, deux aggravations légères et une aggravation nette. Il n'y a donc pas d'amélioration subjective évidente de nos malades les plus sérieusement

atteints; le fait que les aggravations ne soient pas plus nombreuses après trois mois est cependant à souligner. Peut-être le produit étudié a-t-il contribué à ralentir les processus de détérioration, mais l'absence d'un sous-groupe témoin dans ce cas ne nous permet pas de l'affirmer.

Tableau II.

	Nettement amélioré (+2).	Amélioré (+1).	Sans changement (0).	Légèrement aggravé (−1).	Aggravé (−2).
Groupe des traités.........	7	25	15	3	0
Groupe témoin (placebo)...	1	4	7	3	0

Conclusion. — Sans apporter de modifications sensibles dans le domaine mnésique proprement dit, le 3.3-pentaméthylène-4-hydroxybutyrate de sodium semble donc exercer une influence heureuse sur l'efficience intellectuelle des sujets âgés ne présentant pas de troubles trop accentués. Il leur permet de mieux actualiser ce qui leur reste de possibilités, en même temps qu'il améliore leur état général et leur humeur, diminue leur fatigabilité et accroît leur intérêt pour le monde extérieur.

(1) H. J. Bochnik, S. Mentzos et E. Rode, *Medizinische Klinik*, 17, 1960, p. 730.
(2) E. J. Chesrow, S. E. Kaplitz, J. P. Musci et R. W. Sebatini, *Geriatrics*, 15, 1960, p. 767.
(3) K. Dziuba, *Munchener med. Wochenschrift*, 102, 1960, p. 2161.
(4) G. Fladung, *Die medizinische Welt*, 18, 1960, p. 1009.
(5) D. Wechsler, *J. Psychol.*, 19, 1945, p. 87.
(6) A. L. Benton, *Arch. Neurol. Psychiat.*, 54, 1945, p. 212.
(7) A. Rey, *L'examen clinique en psychologie*, Paris, Presses Universitaires, p. 141.
(8) F. Clément, *Rev. Psychol. Appl.*, 9, 1959, p. 103.

(*Centre de Gérontologie de l'Association Claude-Bernard* et *Chaire de Gérontologie, Faculté de Médecine, Paris.*)

La séance est levée à 15 h 55 m.

R. C.